

**ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ**

(Тезисы докладов к VIII совещанию  
по термобарогеохимии)

Москва 1992

Всероссийский научно-исследовательский институт  
синтеза минерального сырья

Московский государственный университет

Всероссийский научно-исследовательский институт  
минерального сырья

Секция флюидных включений научного совета  
по рудообразованию и металлогении РАН

ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
(Тезисы докладов к УШ совещанию  
по термобарогеохимии)

Москва - 1992

*Александр*

339

Термобарогеохимия геологических процессов (Тезисы докладов к VII совещанию по термобарогеохимии). Сост.: Д.Н.Хитаров, Ф.П.Мельников. - М.: МП "Геонформмарк". - 1992. 244 с.

В сборник вошли тезисы докладов, представленных к VIII совещанию по термобарогеохимии, в котором, как и в предыдущих семи Всесоюзных, намерены принять участие исследователи из разных республик СНГ.

Материалы тезисов достаточно полно охватывают современный уровень развития термобарогеохимии. С помощью термобарогеохимических методов, основанных на изучении флюидных включений в минералах, получены новые данные о физико-химических условиях (температура, давление, состав) формирования пород и руд. Флюидные включения изучались в минералах, образовавшихся в самых различных геологических обстановках: океанического дна, осадочных, гидротермальных, окарновых, метаморфических, метасоматических, карбонатитовых, магматических (от кислых до ультраосновных). Также разнообразны изученные типы рудной минерализации: золото, серебро, платина, вольфрам, молибден, редкие металлы, полиметаллы, сульфиды, медь, бор, сера, ртуть, мышьяк, сурьма и т.д.; алмазы, флюорит, галит, пьезо- и ювелирное сырье. В тезисах рассмотрен также ряд теоретических вопросов и описаны новые разработки в области методики и аппаратуры для исследования флюидных включений. Большая часть тезисов посвящена вопросам практического использования термобарогеохимии для поиска, разведки и оценки месторождений полезных ископаемых.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Приведенный в сборнике материал будет полезен широкому кругу геологов: петрографам, геохимикам, минералогам, рудникам и практикам, ведущим поисково-разведочные и оценочные работы.

Редакционная коллегия

Б.А.Дороговин, Ф.П.Мельников, В.Г.Моисеенко, Е.В.Полянский,  
А.А.Фотченков, Д.Н.Хитаров, Н.А.Шило (председатель)

552

Ю.А. Долгов  
(ИМП СО РАН, г. Новосибирск)

#### УСЛОВИЯ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ НА ДНЕ ОКЕАНА

Исследовались включения в аутигенных минералах пелагических осадков, среди которых наиболее широко распространены: цеолиты, палагонит, базальтическое стекло, Fe-M конкреции. На первом этапе исследований температура и давление были известны, соленость вносила только незначительные коррективы и не учитывалась. Колебания этих параметров были весьма незначительны. Существенное значение играли газы, растворенные в придонных океанических водах. Содержания их важны не только для аутигенного минералообразования, но также для решения экологической проблемы поглощения углекислоты океаном.

Исследования состава и количества газов в придонных океанических водах показали, что в основном состав газов при аутигенном минералообразовании представлен воздухом и углекислотой. Количество воздуха определялось по кислороду. Азот почти всегда содержался в количествах, дополнявших сумму  $O_2 + N_2$  до воздушного соотношения ( $\frac{N_2}{O_2} = 4$ ). Количество воздушной смеси уменьшалось с глубиной, но все же даже на самых больших глубинах (около 9000 м) воздух присутствовал в небольших количествах. Воздушное соотношение ( $\frac{N_2}{O_2}$ ) не нарушалось за исключением аномальных случаев.

При проведении аналитических работ в океане были выявлены некоторые показатели, необходимые для обеспечения стабильности метода:

- а) удовлетворительная воспроизводимость анализов;
- б) установлена достаточная по времени неизменность газовых пузырьков, которых при раздавливании выделялось десятками и даже сотнями, сохраняя объем и состав;
- в) на протяжении времени, достаточного для проведения десятков анализов наблюдалась хорошая сходимость результатов в разных кристаллах одной станции и разных пузырьках одного кристалла;

г) отмечено закономерное увеличение углекислоты с глубиной и редкие отклонения от этого правила, особенно на глубинах 4000-5000 м.

4. Особенности кристаллизации аутигенных минералов одновременно раскрывают проведение газов, растворенных в придонных океанических водах, что само по себе является слабоизученным явлением.

5. Такие аномалии, как резкие уменьшения в содержании углекислоты на разных глубинах и полное отсутствие ее в некоторых случаях на глубине до 2000 м. Помимо иных возможностей дегазации придонных вод могут возникать от прогревания придонных вод от воздействия магмы, гидротерм и курильщиков. Для более подробного обсуждения этих пока довольно редких случаев нужны дополнительные анализы. Пока проделана немного более двухсот анализов, которые являются первым вкладом в изучение растворимости газов в придонных условиях с помощью включений и выяснению условий аутигенного минералообразования на поверхности океанической коры.

Ф.П. Мельников, В.Г. Моисеенко,  
Д.Н. Хитаров  
(МГУ, Москва; АмурНИИ, Благовещенск;  
ВИМС, Москва)

#### ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Термобарогеохимия природных геологических процессов прочно вошла в арсенал геолого-минералогических наук и вносит свой вклад в теорию рудообразования, в познание минерального мира. Данные, полученные с помощью методов термобарогеохимии, позволяют вскрывать сложную динамику процессов и явлений, приводящих к образованию месторождений полезных ископаемых.

Следует отметить три особенности термобарогеохимии.

I. Термобарогеохимия выявляет динамику процессов и их развитие в пространстве и во времени. Особенно это проявилось при анализе данных о непосредственной связи магматического и гидротермального процессов.

Полученные данные по многофазовым включениям в гидротермальном флюорите позволили предложить иной механизм отделения рудообразующего флюида от магмы.

Гидротермальный процесс не является непосредственно присты-

кованным, прямым продолжением магматического: Он зарождается внутри магматического, развивается параллельно с ним, а затем уже эволюционирует самостоятельно.

2. Термобарогеохимия позволяет исследовать составные части, участвующие в природных процессах. Особенности природных гидротермальных растворов, как растворителей и переносчиков минерального вещества, были выявлены благодаря всевозможным анализам флюидных включений и экспериментам с ними.

Только исследования включений в минералах показали наличие углекислоты и углеводородов в минералообразующих растворах. Были выявлены различные формы проявления углеводородов во взаимодействии с водным раствором.

Признание активного участия углеводородов в рудообразовании поднимает наши представления о природных геологических процессах на новый уровень, позволяет выявлять неизвестные до сих пор факты.

3. Термобарогеохимия позволяет выявлять и оценивать характер взаимодействия всех компонентов, принимающих участие в природном процессе. Системный подход, используемый в исследованиях процессов, приводящих к образованию месторождений полезных ископаемых, обязывает рассматривать образование конкретного месторождения как функционирование некоторой системы, состоящей из разных частей, взаимодействующих на протяжении всего времени функционирования системы.

В предлагаемой структурной модели рудообразующей системы, включающей вмещающие породы, процессы, параметры, минералы основной частью являются минералообразующие растворы. Все стадии действия системы — зарождение, активная фаза, прекращение существования — проявляются через состояние минералообразующих растворов.

Д.Н.Хитаров, М.Н.Кандинов  
(ВИМС, г.Москва)

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РУДООБРАЗОВАНИЯ

На современном этапе развития геологической науки моделирование природных процессов является мощным средством осмысления накопленного большого фактического материала, характеризующего различные аспекты формирования геологических образований вообще

и рудообразования, в частности. При этом, наибольший интерес представляет построение моделей, в том числе геолого-генетических, основанных на объективных количественных данных. Наличие таких моделей имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение, что следует из предоставляемых ими возможностей обобщенного понимания закономерностей процесса и прогнозирования его конечных результатов.

Для получения количественных генетических данных можно использовать результаты минералогического, петрологического, геохимического и других традиционных методов изучения рудных месторождений. Возможно также применение термодинамического анализа для выяснения направленности природного процесса. Однако решающее значение, как нам представляется, имеют термобарогеохимические исследования, позволяющие на основании изучения флюидных включений в минералах различных стадий того или иного месторождения, количественно оценивать практически все физико-химические параметры рудообразования (температуру, давление, состав минералообразующих растворов и др.).

Анализ имеющихся литературных данных показывает, что ни один из примеров построения модели конкретных месторождений или рудных формаций не охватывает с должной степенью детальности весь необходимый комплекс параметров, характеризующих наиболее адекватно приближенную к природному объекту модель. В первую очередь это связано с отсутствием какого-либо методологического подхода как в понятии сущности самого моделирования, так в определении необходимого набора факторов и параметров, определяющих модель.

В связи с этим авторами предложены методологические принципы построения количественных моделей гидротермального рудообразования с использованием термобарогеохимических данных, а также предложены факторы, в первую очередь определяющие сущность подобной геолого-генетической модели (субмодели). Показаны возможности ее количественного описания целенаправленного комплексного использования результатов минералого-геохимических, термобарогеохимических и экспериментальных исследований в сочетании с общегеологическими данными.

Проведение дальнейших работ по указанной схеме позволит, наконец, получить полноценную геолого-генетическую количественную субмодель формирования конкретного типа рудных месторождений. Ее последующий анализ посредством математического моделирования (о

использованием варьирующих значений различных параметров) дает возможность прогнозировать конечные результаты процесса рудообразования в зависимости от условий его развития.

В.А.Каложный, Л.Р.Редько, Н.М.Суцковская,  
Н.Н.Конюкова, Б.Э.Сахно  
(ИГТИ АН Украины, г.Львов; ГЕОХИ АН  
России, г.Москва)

ФАЗОВО-КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ГАЗОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ (ПУЗЫРЬЕВ)  
В СТЕКЛЕ ТОЛЕИТОВЫХ БАЗАЛЬТОВ ИЗ РИФТОВЫХ ЗОН  
МИРОВОГО ОКЕАНА

Толейтовые базальты подводного извержения находятся в пределах рифтовых зон срединно-океанических хребтов. Их источниками являются магматические очаги мантийного или промежуточного глубинного нахождения. Стекло закалки, возникающее на контакте расплава с морской водой, довольно хорошо сохраняет первичный состав магмы, включая летучие компоненты ее. Оно содержит газовые включения (пузыри) и мелкие фенокристаллы оливина, плагиоклаза. Газовые и стекло-газовые включения в фенокристаллах минералов и в стекле закалки базальтов несут важную информацию о фазово-компонентном составе летучих и физико-химических условиях дегазации глубинной магмы.

Новые результаты исследования газовых включений в стекле, по сравнению с ранее полученными (Каложный и др., 1985), свидетельствуют, что кроме глобально распространенного, по-существу единственного компонента их —  $CO_2$ , присутствуют минеральные фазы. Среди них впервые определены пирит, гипс и мелладрит ( $Na_2SiF_6$ ). Шаровидной формы мелкие выделения пирита (оферулы) равномерно размещены на стенках включений. Возникновение минерала обусловлено взаимодействием серных соединений включений и диффундирующего из расплава железа. Сульфид кальция и кремнефторид натрия в перестроенном виде установлен в осадке водных вытяжек из включений в базальтовом стекле; для идентификации их применены кристалло-оптический, микрорентгенометрический и микросондовый методы.

Таким образом, установлен активный вынос из подкоровых глубин, кроме существенно силикатного флюида и легко летучих газов, также компонентов твердых минеральных веществ — сульфидов, сульфатов, фторидов.

Т.М.Суцковская  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ  
ОЛОВЯННЫХ РУД

Основные вопросы, рассматриваемые в работе — эволюция параметров в процессе минералообразования в типовых рудообразующих системах с выделением условий образования основной массы касситеритовых руд и выявление предполагаемого механизма концентрирования рудного вещества, реакций, приводящих к осаждению касситеритовых руд.

Для решения поставленных вопросов изучен материал ряда месторождений двух главных по распространенности и промышленной значимости оловорудных формаций, касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной. Главными типовыми районами исследования были Комсомольский и Иультинский. Для получения физико-химической информации использованы три группы аналитических методов: анализ флюидных и расплавных включений в минералах, анализ изотопного состава водорода, кислорода, углерода, минералов, пород, флюидов и анализ органических соединений, рассеянных в минеральных ассоциациях.

Полученные результаты позволили прийти к следующим представлениям о формировании касситеритового оруденения.

1. Мобилизация и перенос олова осуществлялись высокотемпературными ( $> 400^\circ C$ ) восстановленными кислыми хлоридными флюидами.
2. Взаимодействие отщепляющихся от гранитных расплавов флюидов с метеорными водами, вовлеченными в конвективное движение вокруг гранитных интрузий, являлось необходимым условием для формирования рудной (касситеритовой) минерализации.
3. Поступление инфильтрационных вод, первоначально метеорного генезиса, впоследствии прошедших через взаимодействие с вмещающими осадочными, а также интрузивными гранитоидными породами, приводило к сдвигу физико-химических характеристик минералообразующей среды в сторону уменьшения температуры, хлоридности, восстановленности и кислотности, что обеспечивало протекание окислительно-восстановительных реакций с обрешиванием касситеритовых руд.
4. Существование участков с непромышленной минерализацией обусловлено либо отсутствием смешения выше названных флюидов, либо небольшим количеством флюидов метеорного генезиса, поступившего в эти участки.

В.Н.Труфанов  
(РГУ, г.Ростов-на-Дону)

#### ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Термобарогеохимические методы исследования минералов, пород и руд в настоящее время находят все более широкое применение при решении актуальных проблем геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Но далеко неполным данным сейчас ежегодно выполняется более 50 000 вакуумно-декриптометрических исследований, около 20 000 термометрических анализов методами гомогенизации и крипометрии, несколько тысяч определений давления и химического состава минералообразующих флюидов. Такое резкое увеличение масштабов и практической значимости термобарогеохимии означает качественно новый этап в ее развитии, требующий обстоятельного научно-методологического и методического обеспечения.

Наиболее важным шагом в этом отношении представляется переход от раздельного изучения минералов и находящихся в них флюидных включений к комплексному исследованию природных систем "минерал-флюид" на молекулярном и надмолекулярном уровне. Правомочность и необходимость такого перехода обусловлены существованием в минералах широкого спектра дискретных консерватов минералообразующих ортад - от макро- и микроскопических включений до отдельных молекул, блокированных в дефектах кристаллической решетки. Поэтому дальнейший прогресс в области термобарогеохимии возможен на основе выявления молекулярных механизмов взаимодействия твердой и флюидной фаз в минералах, породах и рудах. Именно этими взаимодействиями в конечном итоге определяется вся гамма природных процессов минералообразования и рудогенеза, и поэтому они должны являться главным предметом изучения нового направления в системе наук о Земле - молекулярной термобарогеохимии.

В теоретическом плане эти работы представляют интерес как основа для построения фундаментальной концепции взаимодействия твердого и флюидного вещества в земной коре, затрагивающей коренные проблемы рудогенеза, нефте- и газообразования, формирования подземных вод и гидросферы. В практическом отношении результаты таких исследований являются основой разработки новой стратегии и тактики прогнозирования глубинных источников минерального сырья и создания эффективных экологически чистых геотехнологических спо-

собов извлечения полезных компонентов из земных недр. Особый интерес представляет сфера использования методов молекулярной термобарогеохимии в различных негеологических отраслях - в химической технологии, металлургии, материаловедении, топливно-энергетической промышленности, а также для решения ряда экологических проблем.

В числе методических вопросов молекулярной термобарогеохимии первоочередными являются задачи совершенствования имеющейся и разработки принципиально новой аппаратуры и способов исследования природных систем "минерал-флюид" - термоэлектронной вакуумной декриптометрии, оже-спектроскопии, атомно-ионной электронной микроскопии, электромагнитной томографии и лазерной хроматографии, чувствительность и разрешающие возможности которых на 2-3 порядка превышают существующие методы.

Е.М.Лазыко, Д.В.Ляхов, Н.Н.Павлунов  
А.В.Пицатур, И.В.Попивняк  
(Львовский университет)

#### СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассматриваются вопросы структуры и содержания современной термобарогеохимии (ТБГХ), некоторые принципиальные теоретические предпосылки термобарогеохимического прогнозирования и дистанционной оценки оруденения, предлагается рациональный прогнозно-оценочный комплекс, который реализуется в различных вариантах крупномасштабного термобарогеохимического моделирования при поисках, разведке и эксплуатации месторождений.

Современная термобарогеохимия достигла такого уровня своего развития, который позволяет говорить о четко выраженных направлениях: общетеоретическом, аналитическом, генетическом, прикладном. Каждое из этих направлений имеет свои цели и задачи.

Объектом теоретической ТБГХ являются включения минералообразующих сред - их природа, механизм образования, значение для решения геологических вопросов. Главным ее методом является визуально-дедуктивное изучение природных систем включений в минералах и их сообществах. При этом используются экопериментально-аналитические методы физики, физической химии, коллоидной химии, генетической минералогии и других.

Главная цель при этом — разработка и усовершенствование общих представлений о реликтах минералообразующей среды как о новом своеобразном источнике генетической информации, которая позволяет раскрывать кардинальные закономерности развития сложных геохимических процессов далекого прошлого Земли.

Объектом исследования аналитической ТБГХ являются индивидуальные включения и их системы в минеральных индивидах или в их агрегатах в виде моно- или полиминеральной пробы, отобранной по генетическому или иному признаку. При этом применяются методы — статическая фазометрия, гомогенизация, барометрия, декрепитация, водная и газовая вытяжки, криометрия, томановская и лазерная микроспловая спектрометрия, криогенная оканирующая микроскопия (электронная и рентгеновская) и другие. Наиболее важной целью этого направления является разработка и усовершенствование рациональной системы методических приемов выявления физико-химических характеристик содержимого включений.

Для генетической ТБГХ объектом исследований являются включения минералообразующих сред в объеме геологических (рутное тело, месторождение, рудное поле, формация) или техногенных объектов. Используется метод пространственно-временного параметрического моделирования физико-химических процессов природных и техногенных систем. Главная цель исследований — выявление физико-химических закономерностей формирования геологических и техногенных объектов во времени и пространстве.

Прикладная ТБГХ, как и генетическая, исследует включения минералообразующих сред в полном объеме геологического или техногенного тела. При этом используются методы анализа пространственных геолого-генетических и техногенных моделей с учетом физико-химических градиентов и реальных геолого-структурных (техногенных) обстановок с целью разработки необходимого комплекса критериев и оптимального сочетания факторов (признаков) для геологических и техногенных образований. Конечной целью исследований является прогноз, поиск и оценка геологических объектов, корректировка направлений геологоразведочных работ на разных этапах геологоразведочного процесса, а также повышение качества технологической продукции путем усовершенствования технологических процессов.

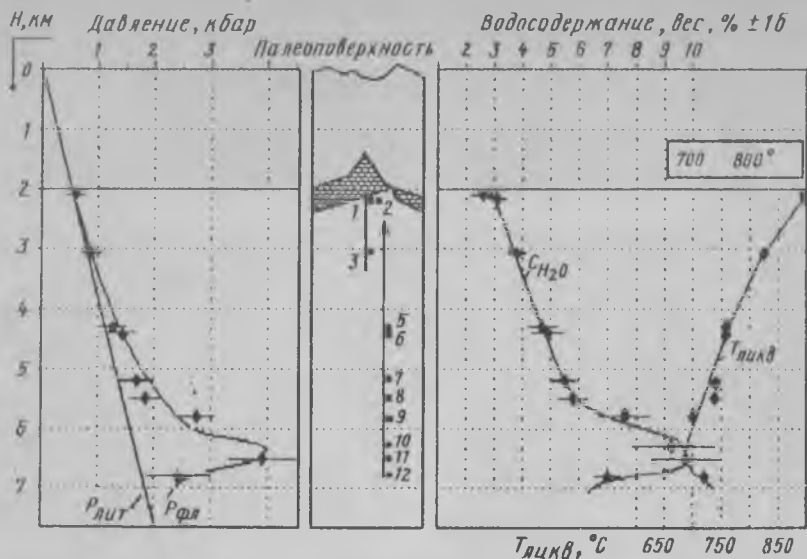
Ф.Г. Рейф (БИ СОРАН, г. Улан-Удэ),  
А.А. Краменецкий, Н.И. Удод  
(ИИГРЭ, г. Москва)

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ДЛЯ ВЫЯСНЕНИЯ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ОЧАГОВ ФЛЮИДОГЕНЕРИРУЮЩЕГО РАСПЛАВА

Хотя представления о возможности образования крупных обособлений (остаточных очагов) водонасыщенного низкотемпературного расплава в процессе кристаллизации гранитных плутонов являются важным элементом многих геологических концепций, способ их формирования до конца не ясен. Единственный имеющий физическое обоснование механизм "диффузионного оттеснения" воды от продвигающегося фронта кристаллизации (Шарапов и др., 1986) работает при столь жестких геологических ограничениях, что его реализация должна быть скорее исключением, чем правилом. Вместе с тем действие этого механизма в конкретном интрузиве можно рассчитать количественно, а это дает принципиальную возможность сопоставить прогнозируемый эффект с реальным темпом накопления воды перед фронтом кристаллизации, если оно действительно имеет место.

Для подобного сопоставления необходимо иметь разрез гранитного массива от кровли на глубину нескольких километров, в разных точках которого возможно определение температуры начала кристаллизации внедренного расплава ( $T_{ликв}$ ) и его водосодержание в этот момент ( $C_{H_2O}$ ). Вертикальный разрез требуемой протяженности (4,8 км) появился благодаря пробуренной в Эльджуртинском гранитном массиве Тирныаузской глубокой скважине, а количественную оценку вышеуказанных параметров оказалось возможным получить посредством инструментального изучения расплавных включений в так называемых дефектных ядрах фенокristов кварца, внутрикамерное (не интрателлурическое) происхождение которых установлено специальными исследованиями. Содержание воды в РВ определялось способом, описанным ранее (Наумов, 1979; Рейф, 1990), основные результаты представлены на рисунке.

Выявленные тенденции в изменении  $T_{ликв}$ ,  $C_{H_2O}$ ,  $R_{фл}$  свидетельствуют о прогрессирующем накоплении воды под нарастающей кристаллической корою, а смена тенденций на глубине 4,5 км от кровли массива (6,5 км от палеоповерхности), вероятно фиксирует место встречи верхнего (нисходящего) и нижнего (восходящего)



фронтов кристаллизации. В данном случае механизм оттеснения оказался несмотря на отсутствие ряда условий, теоретически необходимых для его реализации. Более того, выявленный темп накопления воды оказался почти вдвое выше предсказанного, вероятно, потому, что модельные расчеты учитывают только диффузионный массоперенос, а вода от нижнего фронта переносится внутрь интрузива в основном в виде потока пузырьков. С этой поправкой оттеснение воды и других подвижных компонентов от центростремительно сходящихся фронтов кристаллизации следует считать эффективным механизмом формирования остаточных очагов водонасыщенного расплава, генерирующих в процессе консолидации сосредоточенные потоки металлонесных магматических флюидов.

Л.Н.Хетчиков, В.А.Пахомова, В.И.Гвоздев,  
Б.М.Тишкин, Д.В.Андросов  
(ДВИ ДВО РАН г.Владивосток)

#### ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА И РУДОНОСНОСТИ ГРАНИТОИДОВ И ИХ РЕШЕНИЕ МЕТОДАМИ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИИ

Изучались включения минералообразующих сред в кварце гранитоидов Приморья методами термобарогеохимии (визуальное исследо-

вание в пластинках под микроскопом,  $T_{\text{Гом}}$ , криометрия, анализ водных вытяжек, газовая хроматография и др.). По особенностям включений в кварце и другим признакам доказывалось реоморфический генезис гранитов Вознесенской структуры и образование рудоносных гранитов Тигриной структуры за счет кристаллизации из расплавов. Устанавливаются различия в температурном режиме формирования гранитоидов. Методами термобарогеохимии определены различия состава глубинных флюидов при формировании рудно-магматических систем в разных структурах и изменения этого состава во времени. Рассматриваются причины особенностей рудной минерализации, ассоциируемой с гранитоидами в разных структурах. Перечисленными выше методами изучены включения в кварце трех массивов гранитоидов Центрального Сихотэ-Алиня, с одним из которых (Центральный шток) связано известное окарновое пеллит-сульфидное месторождение Восток-2, а о других - оруденение или не отмечено (Дальненский массив), или проявлено в виде мелких рудных окопаний (Бисерский массив). Устанавливаются заметные различия типов включений, характерных для кварца гранитов каждого из массивов. В кварце гранитов Центрального штока, помимо расплавных (РВ) и газовых (ГВ), обильны кристаллофлюидные (КФВ) и газопо-жидкие (ГЖВ) первичные включения. Эти же типы включений содержатся в кварце гранитов Дальненского массива, но количество их, по крайней мере, на порядок меньше, чем в кварце гранитов штока. Кроме того, в кварце гранитов штока обильны вторичные ГЖВ, мало распространенные в кварце гранитов Дальненского массива. В кварце гранитов Бисерского массива расплавные и кристаллофлюидные включения не встречены, а преобладают минеральные и ГЖВ, содержащие 1-2 твердых фазы и жидкую углекислоту. Отсутствие расплавных включений в кварце подтверждает иную, не расплавную, природу формирования этого крупного гранитного массива. Судя по  $T_{\text{Гом}}$  расплавных включений, рудоносные ( $T_{\text{Гом}}$  860-910°C) и нерудоносные ( $T_{\text{Гом}}$  920-980°C) граниты различаются по температурам кристаллизации. По данным минералогической термометрии и особенностям околоконтактных изменений вмещающих пород температура формирования Бисерского массива не превосходит 600°C. Определены различия в составе флюидов рудоносных и нерудоносных расплавов, в частности преобладание во включениях в кварце рудоносных гранитов хлорида и бикарбоната натрия, наличие в составе газовой составляющей сероводорода, содержание в жидкой углекислоте более низкотемпературных газов и т.д. По особенностям включений доказыва-

есть гетерогенное состояние гранитоидных расплавов, содержащих также микрогетерогенную, силикатную и флюидную составляющие. В отличие от нерудоносных устанавливается высокая флюидонасыщенность рудоносных расплавов и высокая концентрация солей во флюидах. По геофизическим данным под Центральным штоком и Дальненским массивом располагается скрытый крупный гранитный pluton, основание которого достигает глубины 12–15 км. Формирование двух близких по составу массивов связано с этим глубинным магматическим очагом и происходило за счет поступления расплавов, обогащенных или не обогащенных флюидами из разных уровней этого очага, дифференцированного аналогично расслоенным интрузиям. Под Биссерским массивом геофизических аномалий не обнаружено, он находится на большем удалении от глубинного магматического очага, что определило особые условия его формирования и рудоносности.

И.С.Седова, А.П.Семенов,  
Е.А.Вапник  
(ИГТД РАН, г.Санкт-Петербург)

#### ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ И ФЛЮИДНЫЕ СОСТАВЫ СОДЕРЖАЩИХ ИХ ПОРОД В ПОЛИМЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Исследование флюидных включений (Вкл) в сочетании твердофазовой термобарометрией позволяет установить в ряде случаев достаточно объективно эволюционные тренды развития метаморфических комплексов. Для полиметаморфических и полимагматитовых комплексов интерпретация результатов по Вкл оказывается часто неоднозначной. Однако иногда на основании изучения Вкл и флюидных составов пород возможно выявление некоторых специфических черт геологической истории комплексов. В качестве примера приводятся результаты комплексного исследования одного из реперных регионов Балтийского щита (района Тупой губы Ковдозера). Здесь гнейсы и рвушие их габброиды испытали метаморфизм в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций, отнесенные условно к I и II циклам развития. Внедрение тоналитов и двек трендэмитов разделяет эти циклы. Не менее 4 в I цикле и 5 – в II-м генераций лейкосом формируют послонные и сетчатые мигматиты. Образование калиевых гранитов и калишпатовый порфиробластез завершает II цикл. Кварцы и гранаты во всех разновидностях пород содержат углекислотные ( $T_{пл} =$

$= -56,6^{\circ}\text{C}$ ) и водные Вкл с концентрацией  $\text{CaCl}_2$ , варьирующей от 5 до 35%. По морфологии они относятся к первично-вторичным и редко к первичным Вкл.  $N_2$ -Вкл в основном связаны с метаморфизмом II цикла.

Анализ гистограмм плотностей Вкл  $\text{CO}_2$  (более 2,5 тыс. определений) показывают: 1) сужение интервала плотностей в более высокоплотную область и отсутствие шлейфа низкоплотных Вкл в минералах пород гранулитовой фации; 2) обилие последних в ассоциациях, связанных с циклом амфиболитовой фации. Это свидетельствует о различных путях развития регрессивной части эволюционного тренда, близкого к изохорическому или вообще отсутствие этого этапа для I цикла и квазиизотермическому с участками изобарического для II цикла. Изохоры, полученные по наиболее плотным Вкл  $\text{CO}_2$  или их высокоплотным частотным максимумам для пород I цикла, пересекают область PT-условий, определенную по твердофазовой термометрии, для II цикла изохоры располагаются ниже соответствующей области, откуда следует, что Вкл, связанные с кульминацией метаморфизма II цикла (P до 10 кбар), не сохранились, скорее всего, вследствие резкой декомпрессии области, соответствующей падению P на 5 кбар. Различия в характере гистограмм плотностей  $\text{CO}_2$ -Вкл для ассоциаций I и II циклов отражаются и во флюидном составе пород (по данным газохроматографических анализов – 79 образцов); лейкосомы, связанные с I циклом, характеризуются более высокими значениями C и O, и низкими отношениями H/C по сравнению с образованиями II цикла. Это подтверждается и данными химической масс-спектрометрии для 20 образцов кварца. Проявлена тенденция к более высокой окисленности и возрастанию доли C при процессах гранито- и мигматитообразования. Изменения ортосланцев гранулитовой фации при метаморфизме II цикла, с которым связано образование новых и перенаполнение старых Вкл, выразились в возрастании доли H, что противоположно происходящему при ультраметаморфизме.

Таким образом, события позднего (I) цикла, протекавшие в условиях амфиболитовой фации, не смогли полностью стереть специфику флюидных Вкл и флюидных составов пород, связанную с ранним метаморфизмом I цикла. Характер распределения плотностей Вкл по ассоциации I и II циклов развития позволяет высказать предположение о незавершенности I (гранулитового) цикла развития.

И.А.Хайретдинов, О.М.Петров,  
Н.А.Андрянова, А.Г.Конonenko,  
Н.П.Конonenko, В.В.Мартынов,  
В.И.Решетнева  
(ИГ, Уфа)

#### МИНЕРАЛОТЕРМОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ВЫЯВЛЕНИИ И ИЗУЧЕНИИ РУДООБРАЗУЮЩИХ КОЛЬЦЕВЫХ ЭЛЕКТРОГЕОХИМИЧЕСКИХ СТРУКТУР

В последние два десятилетия эмпирическое сопоставительное изучение гравиметрических материалов и распределение месторождений в колчеланоносных районах Южного Урала выявило несомненную связь гравитационных кольцевых структур с размещением медноколчеланных рудных тел. Подобная закономерность была обнаружена в рудных узлах: Подольском, Бурйбайском, Петропавловском и др. Осмысление этих данных на базе идей электрогеохимии позволило наметить вокруг колец с гравитационными положительными аномалиями и медноколчеланной минерализацией (диаметр 3-5 км) кольца большего диаметра (радиусом до 5-8 км), включающие в себя колчеланные месторождения и проявления с полиметалльной минерализацией. Так была подтверждена справедливость трактовки кольцевых структур как проявления минерализации, обусловленной электрохимическими процессами в торовидном естественном электрическом поле, возникшем около направлений тепломассопереноса.

Электрогеохимическое происхождение кольцевых структур сформулировано нами ранее. Поэтому мы считали необходимым дополнительные доказательства его обоснованности и выполняли комплексную ревизию геофизических, геохимических и геологических материалов. Нами проведены дополнительные полевые работы, при которых, в частности, собраны коллекции для минералотермометрических исследований.

В результате установлено, что комплекс методов (магнитная съемка, методы вызванной поляризации и заряда, изучение естественного электрического поля, выявление зонального распределения химических элементов на Подольском месторождении и упомянутых рудных районах) определенно свидетельствует о решающей роли электрогеохимических процессов в формировании рудных залежей, рудных узлов и рудного района.

Из изложенных данных логически следует, что колчеланные месторождения различной металлической специализации возникают

одновременно (но в соответствии с многоактной, пульсирующей жизнью вулканического аппарата). Разная специализация обусловлена рудонакоплением в разных участках торовидного естественного электрического поля, на разном расстоянии от осевой зоны тора. Если фациально различающиеся колчеланные залежи одновременны, то температуры их образования должны снижаться по мере удаления от канала наиболее интенсивного тепломассопереноса.

Исследование газово-жидких включений гомогенизацией и декрепитацией подтвердило, что медноколчеланные руды характеризуются температурами на 100-150° более высокими, чем полиметалльные. Распределение же элементов в объеме рудного узла, проанализированное методами термодинамики и электрохимии, выявило векторы силовых линий электрического поля, ориентированные соответственно строению протеряемой модели.

Наши работы показали, что рождение кольцевых структур рассмотренного типа относится ко времени, значительно более раннему, чем период действия вулкана, и завершается много позже его. Они порождаются тепломассопереносом в довулканический и поствулканический периоды гидротермами. Вулканический этап - лишь эпизод в истории развития электрогеохимических кольцевых структур.

Итоги исследований позволили наметить комплекс приемов по оценке перспектив исследуемых площадей и определить поисковые критерии на колчеланные руды.

О.И.Петриченко, А.В.Побережский  
(ИГГТИ АН Украины, г.Львов)

#### ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭКЗОГЕННОЙ СЕРЫ

Для неогеновых эвапоритовых отложений Европы характерны наиболее крупные в мире скопления самородной экзогенной серы. Промышленные месторождения известны в Польше, Украине, Италии, Испании и др. Несмотря на довольно длительную историю их изучения, спорными остаются условия формирования и причины локализации этих месторождений лишь среди определенных осадочных хемогенных толщ. Для решения этих генетических вопросов были использованы методы исследования включений в сере и сопутствующих минералах (гипсе, целестине, кальците, барите).

Включения в этих минералах существенно жидкие, как правило, изометричные, иногда округлые и овальные. Распределены в кристаллах чаще всего по зонам роста, которые помимо жидких включений подчеркиваются приспинками терригенного материала, а иногда и включениями аутигенных минералов. Крупные включения размещаются без видимой закономерности. Размер включений варьирует от 5–10 до 100–150 мкм, в исключительных случаях достигает 3–5 мм. Состав растворов индивидуальных включений, как правило, хлоридно-натриевый. Общая их минерализация изменяется от первых грамм до 120–130 г/л. Содержание калия, магния и сульфат-иона гораздо ниже, чем в морских водах аналогичной концентрации.

Опыт работ показал, что возможности определения химического состава растворов индивидуальных включений размером менее 100 мкм весьма ограничены для гипса и серы из-за специфических физических свойств этих минералов. Высокой надежностью результатов отличается информация по целестину и кальциту. Установлено, что общие представления о химизме минералообразующих растворов могут быть получены также путем применения к этим всем минералам спиртового-водных вытяжек.

В связи с многостадийным становлением минеральных ассоциаций руд самородной серы при постоянной температуре во многих случаях интерпретация данных термобарогеохимии остается проблематичной.

В.М.Ковалевич  
(ИГТИ АН Украины, г.Львов)

#### ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ В ГАЛИТЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОСАЛОЧНОГО ПОРОДОБРАЗОВАНИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ

К настоящему времени хорошо изучены включения в галите многих морских галогенных формаций Мира (Петриченко, 1989). Установлено, что жидкие включения в седиментационном галите несут в себе информацию не только о физико-химических условиях формирования солей, но и о химическом составе вод океана на отдельных этапах, соответствующих по времени накоплению солей. Ориентируясь на эти данные, достаточно детально может быть охарактеризована химическая эволюция вод Мирового океана на протяжении фанерозоя (Ковалевич, 1990). Химический состав океана в более древние

времена может быть охарактеризован только фрагментарно, поскольку фанерозойские отложения каменной соли встречаются исключительно редко.

Для изучения химического состава растворов индивидуальных включений в седиментационном галите использовалась методика ультрамикрхимического анализа (Петриченко, 1973), которая позволяет определять содержание основных ионов с точностью 10–17%. Построенная на основании этих данных модель химической эволюции вод океана в фанерозое свидетельствует о закономерном и направленном развитии их состава во времени. В частности, выявлены два мегацикла (палеозойский и мезозой-кайнозойский) с изменением состава вод от хлор-кальциевого до сульфатного в каждом из них и достижением максимума сульфатности в конце второго мегацикла (в неогене). Эти результаты послужили основой для прогноза комплекса полезных ископаемых, связанных с эвапоритами морского генезиса (Петриченко, Ковалевич, 1991).

Нам представляется, что информация об изменении вод океана может быть использована для решения проблем химической эволюции осадочного породообразования в целом и закономерного возрастного распределения многих других видов полезных ископаемых в осадочных отложениях. Для этого необходимо совершенствовать методику химического анализа растворов индивидуальных включений. Важно определить в растворах содержание не только макро- но и микро-элементов. Это позволит охватить исследованиями значительно большее число элементов, геохимическая история которых связана с океаном. Некоторые успехи в этом направлении уже достигнуты (Лазар, Холленд, 1988), благодаря применению ионного хроматографа.

М.Н.Кандинов  
(ВИМС, г.Москва)

#### ЭВОЛЮЦИЯ ФЛОИДНОГО РЕЖИМА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАЗНОТИПНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОБЛАСТЕЙ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ

Области посторогенной тектоно-магматической активизации (ТМА) в связи со типичной историей их тектонического развития обладают рядом характерных черт магматического и флюидного режимов, обуславливающих сходные металлогенические особенности этих территорий. Наблюдается единая и устойчивая для подобных регионов последовательность формирования рудной минерализации во времени, выраженная

следующим рядом:  $Mo, W, Sn, Be, Au, Ta, Nb, Pb, Zn, U, CaF_2, Au, Hg, Sb$ . В зависимости от региональных особенностей тектонической истории развития той или иной территории (от степени "завершенности" ТМА и других более локальных причин) вышеуказанный ряд месторождений может несколько нарушаться или видоизменяться, но общая тенденция практически всегда сохраняется. Например, для Восточного Забайкалья этот ряд будет в общем виде выглядеть следующим образом:  $(W, Mo, Sn, Au) - (Be, TR, Sn, Ta, Nb) - (Cu, Zn, Pb) - (U, Mo) - (CaF_2, Au, Ag, Sb)$ . При этом в данном ряду слева направо также уменьшаются температуры формирования минеральных ассоциаций, происходит закономерная смена окислительных изменений с кислотных на щелочные, а также упрощается минеральный состав рудных тел.

Аналогичная последовательность в смене минеральных ассоциаций, несущих тот или иной рудный компонент, наблюдается и в пределах отдельных рудных объектов. Так, для грейзеновых молибденово-вольфрамовых месторождений на фоне снижения температур и давлений в общем виде типоморфна следующая смена рудных парагенезисов:  $Mo-W, Sn-Pb, Zn-CaF_2$ . В ниже приведенной таблице на основе термобарогеохимических данных показано изменение макрокомпонентного состава минералообразующих растворов, формировавших разнотипную рудную минерализацию Монголо-Забайкальской области ТМА.

| Рудный элемент | T <sub>обр</sub> | Содержание микрокомпонентов в отн. % |    |        |                 |    |    |                 |                  | Кон-ция растворов, г/кг H <sub>2</sub> O |
|----------------|------------------|--------------------------------------|----|--------|-----------------|----|----|-----------------|------------------|--|
|                |                  | Na                                   | K  | Ca, Mg | CO <sub>2</sub> | Cl | F  | SO <sub>4</sub> | H <sub>2</sub> S |  |
| Mo             | >300             | 21                                   | 23 | -      | 16              | 29 | 10 | -               | <1               | <700                                     |
| Sn-W           | 300              | 37                                   | 13 | -      | 20              | 17 | 12 | -               | 1                | 300                                      |
| Sn             | 300              | 21                                   | 27 | 4      | 30              | 10 | 2  | 2               | 4                | 250                                      |
| Pb-Zn          | 280              | 30                                   | 15 | -      | 37              | 8  | 7  | -               | 3                | 250                                      |
| U-Mo           | 200              | 18                                   | 13 | -      | 57              | 2  | 9  | -               | 1                | 200                                      |
| Fl             | 180              | 13                                   | 27 | -      | 53              | -  | 7  | -               | -                | >200                                     |
| Au             | 180              | 26                                   | 12 | 9      | 25              | -  | 18 | 5               | 5                | >200                                     |

Как видно, состав минералообразующих растворов по мере снижения температур закономерно меняется от хлоридного, через хлоридно-карбонатный к гидрокарбонатному и гидрокарбонатно-сульфатному. В этом же направлении снижается и содержание высокоплотной свободной углекислоты во флюидных включениях и общая минерализация рас-

воров. Аналогичные данные получены и по месторождениям Казахстана, Средней Азии и других регионов с проявленной тектоно-магматической активизацией.

Таким образом, направленная эволюция флюидного режима областей ТМА, связанная с тектонической историей их развития, определяют металлогеническую специализацию того или иного этапа активизации. Закономерная оменяемость минеральных ассоциаций в пространстве и во времени как в региональном, так и в локальном плане очевидно зависит от изменения состава единого гидротермального раствора в термоградиентном поле и соответственно избирательно-го металлопереноса последнего в определенных физико-химических условиях в тот или иной период существования гидротермальной системы.

Л.И.Панина, Т.Ю.Базарова,  
И.В.Моторина  
(ИМиП, г.Новосибирск)

#### ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ, СМЕШЕНИЕ И ЛИКВАЦИЯ ЩЕЛОЧНОБАЗАЛЬТОИДНЫХ РАСПЛАВОВ

Рентгеноспектральное изучение расплавных (флюидных) включений в минералах щелочных базальтоидов и их интрузивных аналогов показало:

1. При кристаллизации калиевых базальтоидных расплавов главную роль играют процессы кристаллизационной дифференциации и фракционирования. В результате их проявления в магме последовательно уменьшаются содержания  $Mg, Fe, Ca$  и увеличиваются  $Al, Si, K, Na$  вплоть до образования остаточных расплавов нефелин-сиенитового состава. Наиболее полно эти процессы проявляются при кристаллизации больших объемов магмы в закрытых условиях: они приводят к формированию расслоенных массивов, включающих оливиновые породы, пироксениты, шонкиниты, псевдолейцитовые и нефелиновые сиениты. Пример: Сыннырский, Мурунский, Сакунский калиевые щелочные массивы в Восточной Сибири.

2. Установленный тренд эволюции базальтоидной магмы может измениться в результате взрывных процессов, сопровождавшихся притоком свежей магмы и ее смешением с отдифференцированным остатком. Интересным следствием этого может быть: а) смена гомо-

дромного порядка кристаллизации на антидромный. Это происходит при излиниях смешанных, уже изохимически равновесных расплавов в условиях постоянного подтока свежей магмы. Пример: пространственно совмещенные и генетически родственные миоценовая андезит-риолитовая и четвертичная трахиандезито-базальтовая серии вулканитов Малого Кавказа (Кальбаджарская мульда); б) кристаллизация вариалитовых базальтоидных пород, содержащих лейкократовые глобулы сиенитового состава. Происходит в изохимически неравновесных условиях при неполном смешении остаточных нефелин-сиенитовых расплавов со свежей магмой при ее подтоке в промежуточную камеру и последующем быстром выбросе на приповерхностный уровень. Генезис таких пород нередко ошибочно связывается с ликвацией. Однако в пользу смешения говорит: наличие в минералах расплавных включений базальтоидного, сиенитового и переходного между ними состава, особенности химизма пород и минералов, а также отсутствия ликвационных явлений при нагревании включений. Пример: дайки комптонитов с глобулярной текстурой в Туве (нагорье Сангилен).

3. Ликвация на две силикатные составляющие для щелочно-базальтоидных расплавов малохарактерна. При многолетнем (> 20) изучении включений она ни разу не была зафиксирована. Отмечалось лишь отделение солевой составляющей от силикатного расплава (например, во включениях в нефелине нефелинитов Северной Танзании).

Б.А.Соколов  
(МГУ, г.Москва)

#### ФЛОИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МИНЕРАЛАХ – ИНДИКАТОР ПРИРОДНЫХ ПОРОДНЫХ РАСТВОРОВ

Современная модель строения земной коры и верхней мантии, базирующаяся на представлениях об их вертикальной тектонической расслоенности, позволяет по новому взглянуть на роль флюидных включений в минералах в деле изучения всей совокупности эндогенных процессов Земли. Сейчас становится очевидным, что разрез верхних оболочек Земли представляет собой закономерным образом упорядоченное чередование зон уплотнения и разуплотнения. Последние отличаются высоким флюидонасыщением, возникающим за счет дефлюидизации (дегидратации, дегазации, деуглеводородации) осадочных, метаморфических и магматических пород. По существу зоны разуплот-

нения представляют вместилища для природных породных растворов – ПНР. Разуплотненные горизонты прослеживаются как в осадочных бассейнах, так и в земной коре и верхней мантии (и возможно и глубже) до глубин в несколько сот километров. Разогрев ПНР, происходящий по разным причинам, приводит к их расширению и значительному росту внутрипластового давления. На каких-то этапах это закономерно приводит к разрыву сплошности вышележащих жестких толщ и возникновению систем проводящих трещин и нарушений, используемых активно нагретыми ПНР, движущимися с большой скоростью вверх по разрезу литосферы. Эти разломы имеют вертикальную или дугообразную (цистрическую) форму и являются путями тепло-массо-переноса из глубинных частей Земли к ее поверхности. Воздействие этих конвективных тепловых потоков оказывает дополнительное и энергичное воздействие на катагенетические превращения осадочных бассейнов и, следовательно, на их нефтегазоносность, которую следует рассматривать как одну из форм существования низкотемпературных углеводородных растворов, приуроченного к сравнительно небольшим глубинам до 5–10 км. Вниз по разрезу на глубинах в 10–20 км располагаются среднетемпературные гидротермальные растворы, глиняные и соляные растворы – очаги соответственно грязевулканизма и соляных куполов. Более глубокие высокотемпературные ПНР представлены лавовыми и магматическими растворами. На глубинах в 150–200 км, возможно и до 300–400 км располагаются супервысокотемпературные (1000–1200°C) кимберлитовые (алмазносные растворы). Элементом ПНР следует считать и астеносферу.

ПНР предопределяют огромные вертикальные перемещения вещества и энергии, что находит свое выражение в гидротермальной деятельности, соляно-купольной тектонике, грязевом диапиризмe и вулканизме, магматической и вулканической деятельности, широком распространении алмазносных трубок, а также выходах на поверхность нефти и газа. Это находит также выражение в отмечаемом многими исследователями разрыве по глубине между положением главных зон нефте- и газообразования (более 3 км) и главным уровнем размещения скопления нефти и газа, находящимся в подавляющем количестве осадочных бассейнов на глубине 1–3 км.

Реконструкция сложной картины обменного перемещения вещества и энергии между нижними и верхними горизонтами Земли имеет решающее значение для установления законов размещения полезных ископаемых и эффективного ведения поисковых работ. В этом отно-

шани неоценимую помощь может оказать изучение флюидных включений в минералах, сопровождающих существование и трансформацию природных растворов различного типа. Флюидные включения — один из основных методов познания ПТР и, следовательно, законов формирования месторождений полезных ископаемых.

И.П.Соловова, В.Б.Наумов, А.В.Гирнис,  
А.В.Гужова  
(ИГЕМ и ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### СВЕРХПЛОТНЫЕ ВОДНО-УГЛЕКИСЛЫЕ ФЛЮИДЫ В КИСЛЫХ РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ ИЗ МИНЕРАЛОВ АНДЕЗИТОВ

При проходке водоотливной штольни в районе полиметаллического месторождения Банска Штьявница (Чехословакия) были вскрыты породы, химический состав которых отвечает андезитам. Вкрепленные породы представлены плагиоклазами ( $An_{71-45}$ ), ортопироксенами и роговой обманкой. Первичные расплавные включения обнаружены в плагиоклазах и ортопироксенах. В плагиоклазах они относятся к типу стекле-флюидное обособление. Вне зависимости от положения включений в кристалле, флюид многих (иногда в одной зоне до 50%) включений представлен двумя жидкими фазами  $H_2O$  и  $CO_2$  и не содержит газовой фазы. Концентрация водных растворов характеризуется тремя пиками — 4,5, 8,5 и 14,5 мас.% в экв.  $NaCl$ , причем наиболее концентрированные флюиды расплавных включений отмечаются в поздних плагиоклазах. Плотность углекислоты во флюидах колеблется в пределах 0,87–0,9 г/см<sup>3</sup>. Концентрация воды и  $CO_2$  в расплаве включений составляет, согласно расчетам, 14–18 и 0,4–1,1 мас.%. Температура гомогенизации расплавных включений находится в пределах 1050–1120°C при 7 кб. Давления, используя  $PTV$ -данные для системы  $H_2O-NaCl-CO_2$ , оценены как 12–14 кб. Косвенным подтверждением существовавших высоких давлений служат следы импрегнация жидкого вещества включений в кристалл-хозяин процессе декомпрессии.

Составы расплавных включений в плагиоклазах и ортопироксенах отвечают щелочным, с  $K/Na > 0,5$ , магмам высокой железиности, с содержанием  $SiO_2$  не менее 70 мас.%. В плагиоклазах и ортопироксенах обнаружены частично резорбированные ксенолиты, состоящие из  $Pl(An_{70-80})$ ,  $Amph$ ,  $Bi$  и  $Qz$  и стекла с обособлениями водного флюида, что позволяет предположить участие в формировании породы процессов ассимиляции.

Присутствие высокоплотных флюидов в расплавных включениях и потеря вещества включений как следствие резкого падения давления (высокие давления) находится в противоречии с наличием и периферических зонах плагиоклазов низкоплотных флюидных включений ( $CO_2$ ) (низкие давления). Возможно, в процессе ассимиляции кислого, богатого  $H_2O$ , материала андезитовыми расплавами в малоглубинном очаге шло прикровлевое накопление летучих, что приводило к локальному повышению давления и, затем, к экотрузии магмы.

А.В.Соболев  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### ГЕОХИМИЯ РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ МАГМЫТНЫХ МАГМ: МЕТОДЫ АНАЛИЗА И НАУЧНЫЕ СЛЕДСТВИЯ

Накоплен опыт многолетних исследований содержания главных элементов и элементов-примесей в расплавных включениях в минералах базальтовых и ультрамафических магм методами электронно-зондового микроанализа (ЭЗМ), протонно-зондового микроанализа (ПЗМ) и ионно-зондового микроанализа (ИЗМ). ЭЗМ производился на приборах типа *Cambax* и *ARL* в ГЕОХИ РАН и Массачусетского Технологического Института, Бостон, США. ПЗМ производился в Институте Земных Ресурсов, Сидней, Австралия. ИЗМ производился на приборе *IMS-3F* в Вудхольском Океанографическом Институте, США и Центра Исследований Петрографии и Геохимии, Нанси, Франция.

Для концентраций более 1000 г/т элементов с атомным номером выше 18 наиболее эффективным является ЭЗМ, который характеризуется погрешностями в пределах 1–10% отн. и пределом обнаружения около 100 г/т. Реальная локальность метода составляет 2–5 мкм.

Уровень концентрации 1–10 г/т достижим как ПЗМ, так и ИЗМ с реальными погрешностями от 5 до 20% отн. Наиболее благоприятными элементами для ПЗМ являются:  $Zr, Y, Sr, Nb, Rb, Zn, Cu, Ga, Ni$ , для которых предел обнаружения может опускаться до 0,5 г/т. Локальность метода достигает 20–40 мкм.

Уровень концентраций менее 1 г/т достижим только методом ИЗМ с реальной погрешностью в пределах 40–100% отн. и пределом обнаружения до 0,001 г/т. Благоприятными элементами для ИЗМ являются:  $Zr, Y, Sr, Nb, Rb, Cr, Ti, V, Sc, Ta, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Dy, Er, Yb$ . Локальность метода достигает 10–20 мкм.

Изотопный состав серы во включениях сульфидного расплава может быть определен методом ИМ с относительной погрешностью 0,5–1%.

Содержание  $H_2O$  в расплавленных включениях определяется методом ИМ с погрешностью 20–5% отн. и пределом обнаружения до 500 г/т.

На основе определения элементов-примесей в расплавленных включениях ранних ликвидусных фаз мантийных магм океанических рифтов, островных систем и внутриплитовых регионов сделаны следующие выводы:

1. Включения расплава могут значительно отличаться по особенностям геохимии от вмещающих пород, отражая состав индивидуальных первичных расплавов до их смешения в магматических очагах.

2. По содержанию  $H_2O$  расплавленные включения в минералах островных магм значительно превосходят стекла тех же пород, отражая состав магм до этапа существенной дегазации.

3. Изотопный состав серы во включениях сульфидного расплава отражает значительную эволюцию геохимии серы в мантийных магмах и свидетельствует о открытых процессах их контаминации вмещающими породами.

4. В целом геохимия включений в ранних кристаллических фазах мантийных магм более адекватно отражает геохимию первичных расплавов по сравнению с породами и стеклами и, следовательно, значительно более информативна в отношении мантийных геохимических процессов.

А.Ф.Торовой  
(АГМИ, г.Алчевск)

#### ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ В ДОНЕЦКОЙ РТУТНОЙ ПРОВИНЦИИ

Гидротермальное оруденение в Донецкой ртутной провинции проявилось в результате автономной позднемезозойской тектоно-магматической активации продольных Северо-Донецкому Селезнавско-Краснодонского, Центральнодонецкого, Донецко-Амвросиевского и Южно-Донецкого глубинных разломов. Изучение термобарогеохимических особенностей ртутного, ртутно-сурьмяного, ртутно-полиметаллического и золото-полиметаллического оруденений, генетически связанных с разломными структурами показало существование поперечной, продольной вдоль глубинного разлома и вертикальной зональности.

Поперечная зональность представлена симметричными и асимметричными типами. Симметричная зональность проявилась в том, что изменение термобарогеохимических параметров происходит в направлении от Центральнодонецкого разлома к Северо-Донецкому и Южно-Донецкому разломам. В этом направлении отмечено снижение температуры гомогенизации включений в кварце, давления минералообразующего раствора, но возрастание температуры гомогенизации включений в карбонатах, содержания метана в газовой фазе включений в карбонатах. Асимметричная зональность характеризуется тем, что в направлении от Южно-Донецкого через Центрально-Донецкий к Северо-Донецкому разлому установлено снижение содержания углекислого газа и азота в газовой фазе включений в кварце и карбонатах, повышение температуры гомогенизации включений в киновари и содержание метана в газовой фазе включений в кварце.

Продольная зональность рассмотрена вдоль Центрально-Донецкого разлома в направлении от Нагольного края к Дружковско-Константиновскому полю. В этом направлении увеличивается содержание калий-, гидрокарбонат- и сульфатионов в жидкой фазе включений в кварце, но снижается температура гомогенизации включений в кварце и карбонатах, величина давления минералообразующего раствора, роль углекислого газа, метана и азота в газовой и натрий-иода в жидкой фазе включений в кварце и др.

При исследовании вертикальной зональности принято во внимание оруденение нижних (390 и 450 м) горизонтов шахты 2-бис (Софиевское месторождение), в бормутских и веровских песчаниках (глубины 1500–1700 м) и в зоне разрыва Железнянского надвига, вскрытой опорной скважиной в интервале 1735–1752 м, 1820–1865 м и 2100–2385 м. С глубиной выявлен рост температуры гомогенизации включений в киновари и в кварце, давления минералообразующего раствора в кварце.

Ю.С.Парилков  
(ИГН АНРК, г.Алма-Ата)

#### К ИНФОРМАТИВНОСТИ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ РЕДКОМЕТАЛЛЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Изучение минеральных агрегатов и флюидных включений в минералах жильного оруденения месторождений Иультин и Светлое (Чукотка) показали, что кварц и другие минералы после выполнения жил

претерпели многократные последующие преобразования: интенсивную трещиноватость и полную или частичную перекристаллизацию. Процессы проявлялись длительно время интенсивно, многие кристаллы были превращены практически в "труху" и вновь цементированы по трещинам теми же минералами. При этом внешний облик кристаллов сохранился. Преобразования минералов привели к возникновению весьма большого количества (нескольких семейств) новых (вторичных) преимущественно газво-жидких включений. Первичные включения редки, присутствуют в неперекристаллизованных блоках минералов, существенно отличаются от вторичных по строению и составу. Среди них преобладают кристаллофлюидные включения с подчиненным количеством жидкой и газовой фаз и существенно газвые. Строение минеральных агрегатов и состав первичных включений подтверждает высказанную рядом исследователей точку зрения о высокотемпературном, часто выше температуры  $\alpha-\beta$  перехода кварца (выше  $573^{\circ}\text{C}$ ) формирования жил редкометалльных месторождений из высококонцентрированных флюидов типа растворов-расплавов. Судя по составу этих включений, флюиды были гетерогенными: в качестве второй составляющей фазы в них была жидкая или газообразная углекислота.

А.А.Томьянко  
(ИМиП, г.Новосибирск)

#### НЕСМЕСИМОСТЬ В СИСТЕМАХ УГЛЕКИСЛОТА-АЗОТ И УГЛЕКИСЛОТА-МЕТАН В ОБЛАСТИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Общепринято, что углекислота и азот, а также углекислота и метан полностью смесимы в области температур от  $+600^{\circ}\text{C}$  до  $-185^{\circ}\text{C}$ . Однако проведенные нами исследования включений, представляющих собой либо смесь углекислоты и азота, либо углекислоты и метана, показали, что при низких температурах в этих системах существует область расслоения изначально гомогенного раствора на две несмешиваемые жидкости. Одна из которых представлена жидкой углекислотой, вторая - либо жидким азотом, либо жидким метаном (рис.1,2):

При охлаждении азотно-углекислотного однофазового включения при температуре  $-100^{\circ}\text{C}$  происходит расслоение изначально гомогенного раствора включения на две жидкости - жидкую углекислоту и

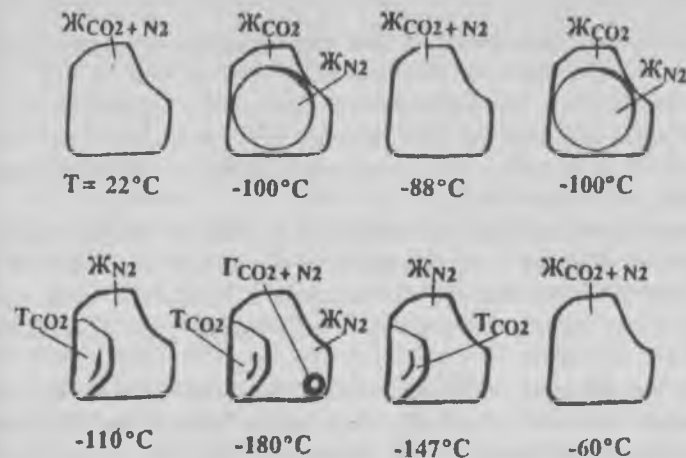


Рис.1. Углекислотно-азотное включение

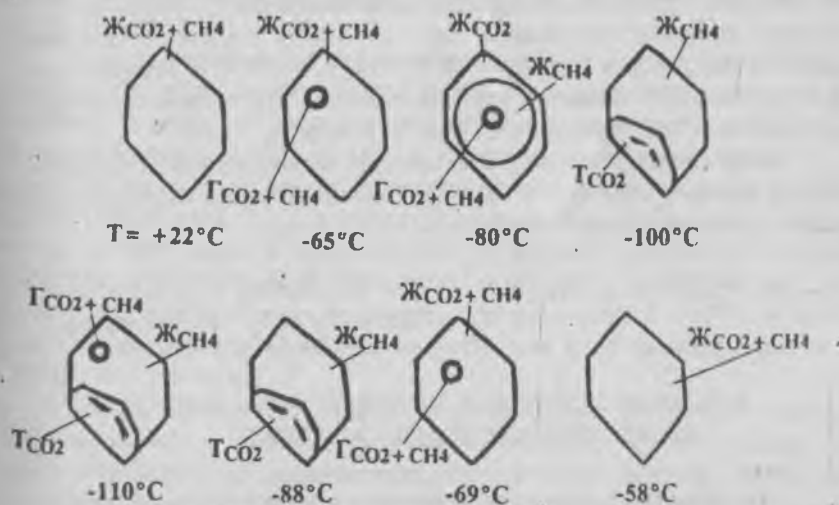


Рис.2. Углекислотно-метановое включение

жидкий азот (рис.1). По данным КР-спектроскопии состав включения представлен  $\text{CO}_2$  - 48,3 мол.% и  $\text{N}_2$  - 51,7 мол.%. Медленное нагревание приводит к гомогенизации включения при  $T = -88^{\circ}\text{C}$ . При последующем медленном охлаждении до  $T = -100^{\circ}\text{C}$  вновь происходит разде-

ление содержимого включения на две несмешивающиеся жидкости. Дальнейшее охлаждение приводит к замерзанию углекислоты, а при более низких температурах гетерогенизации включения с появлением газового пузырька. Гомогенизация включения осуществляется при температуре  $-148^{\circ}\text{C}$  в жидкий азот. Оттаивание углекислоты происходит в интервале от  $-78$  до  $-62^{\circ}\text{C}$ .

Аналогичное явление несовместности в области низких температур наблюдалось также и в углекислотно-метановой системе. На рис. 2 показаны наблюдаемые фазовые превращения в углекислотно-метановом включении ( $\text{CO}_2$  - 49,1 и  $\text{CH}_4$  - 50,9 мол.%) при охлаждении до  $-180^{\circ}\text{C}$ .

При температуре  $-65^{\circ}\text{C}$  происходит гетерогенизация включения с появлением газового пузырька. Дальнейшее охлаждение приводит к разделению жидкой фазы на две несмешиваемые жидкости - жидкую  $\text{CO}_2$  и жидкий  $\text{CH}_4$  при  $-80^{\circ}\text{C}$ .

При температуре  $-100^{\circ}\text{C}$  замерзает твердая  $\text{CO}_2$  и исчезает газовый пузырек. Повторная гетерогенизация включения с появлением газового пузырька наблюдается при  $T = -110^{\circ}\text{C}$ , гомогенизация включения осуществляется при  $T = -88^{\circ}\text{C}$ . При  $T = -69^{\circ}\text{C}$  оттаивает углекислота, и снова появляется газовый пузырек, гомогенизация которого происходит при температуре  $-58^{\circ}\text{C}$  в жидкую фазу.

Необходимым условием, при котором можно наблюдать несовместность в системе  $\text{CO}_2$ - $\text{N}_2$  и  $\text{CO}_2$ - $\text{CH}_4$ , является очень медленное охлаждение в этом интервале температур.

В.П.Чупин, А.Д.Бабанский  
(ИМП СО РАН, г.Новосибирск,  
ИГЕМ РАН, г.Москва)

#### РАСПЛАВНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ВЫСОКОБАРИЧЕСКИХ МИНЕРАЛАХ; ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

При изучении расплавных включений в минералах высоких давлений необходимы специальные исследования для определения температур кристаллизации и концентрации летучих в расплавах. В качестве примера приведем данные по расплавным включениям в кианите, гранате, кварце и санидине из нижнекоровых (Р около 15 кбар) гранулитов в ксенолитах из шалочно-базальтоидных трубок взрыва (В.Памир).

Доказательством первичности расплавных включений в кианите являются: характер распределения включений (одиночные или зональ-

ные группы); сохранение закономерно ориентированных микрокристаллитов (структуры распада) вблизи включений; наличие первичных расплавных включений в цирконах, апатитах и монаците, захваченных в виде акцессориев в кианите.

При нагревании в обычных камерах включения либо декрепитируют, либо не гомогенизируются даже при  $1300^{\circ}\text{C}$ . В расплаве включений (особенно в кварце) увеличивается плотность углекислоты во флюидных обособлениях от 0,3 до 0,8 г/см<sup>3</sup> (данные криометрических и раман-КР-спектрометрических исследований). Расчетное оседание углекислоты в расплавах 1,5 мас.%. Без учета вышеуказанного эффекта получают заниженные значения (в 2,5-3 раза). Этот эффект необходимо учитывать также при оценке давления во включениях. Высокая плотность углекислоты в расплавных включениях в кварце (около 0,8 г/см<sup>3</sup> и значительно выше, если учесть объемный эффект сжатия включений при высоких давлениях в момент их захвата) является прямым подтверждением кристаллизации кварца при высоких давлениях (около 15 кбар).

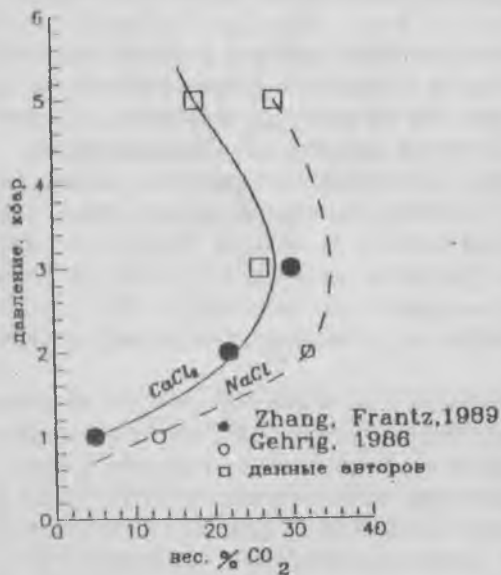
Количественные значения температурных и концентрационных поправок при изучении расплавных включений в высокобарических минералах зависят от сжимаемости минералов и расплавов, а также от степени насыщенности расплавов летучими. В рассмотриваемом случае расплавы были близки к насыщению и температуры их кристаллизации будут ниже  $T_{\text{гом}}$  расплавных включений (нагрев при 1 атм). Отсюда следует вывод о необходимости проведения опытов при высоких давлениях. Так, некоторые расплавные включения в кварце из кианитовых гранулитов гомогенизировались при температуре  $1050^{\circ}\text{C}$  и давлении 12 кбар (опыты проведены на установке типа цилиндр-поршень в ИГЕМ РАН, г.Москва).

Микрондовое определение состава стекол расплавных включений в минералах кианитовых гранулитов показали, что эти породы кристаллизовались из риодацитовых, существенно калиевых расплавов. При обычной методике определения состава стекол в предварительно сгомогенизированных включениях возможны ошибки за счет избыточного расплавления минерала-хозяина при перегреве включений. Так, если включения в кварце сгомогенизировать при температурах выше  $1300^{\circ}\text{C}$ , то содержание  $\text{SiO}_2$  в расплавах будет завышенным. Изложенное выше необходимо учитывать и при изучении включений в высокобарических вкрапленниках оливинов, пироксенов и других минералов.

Н.В.Плясунова, К.И.Иммулович  
(ИЭМ РАН, пос.Черноголовка)

ФЛОИДНАЯ НЕСМЕСИМОСТЬ КАК ОДИН ИЗ ВОЗМОЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ  
ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕКИСЛОТНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ МЕТАМОРФИЗМЕ

Положение фазовых границ неомесимости в геологически значи-  
мых тройных системах  $H_2O-CO_2-CaCl_2$  и  $H_2O-CO_2-NaCl$  эксперимен-  
тально определено авторами при  $500^\circ C$ , 5 кбар методом синтетиче-  
ских флюидных включений в кварце. Фазовое состояние флюидов  
оценивалось визуально и контролировалось криометрическими измере-  
ниями концентрации водносолевой фазы. Эксперименты показали, что  
область неомесимости обеих систем при 5 кбар существенно шире,  
чем при 3 кбар (Gehrig et al., 1986, Zhang & Frantz, 1989) т.е.  
повышение давления ведет к инверсии барической зависимости фазо-  
вых границ: до 3 кбар область неомесимости в тройных системах



Растворимость  $CO_2$  при  $500^\circ C$  в 20% рас-  
творов солей

должна повторять ход кривых на рисунке, но с другим знаком произ-  
водной  $(\partial P / \partial C_{salt})_T$ .

непрерывно сужается, вбли-  
зи 3 кбар достигает сво-  
его минимума и расширяет-  
ся с дальнейшим ростом  
давления. Результаты экспе-  
риментов представлены на  
рисунке в виде кривых рас-  
творимости  $CO_2$  в водно-со-  
левом растворе. Раствори-  
мость  $CO_2$  в системе с  
 $CaCl_2$  падает с повышением  
Р заметно быстрее, чем в  
системе с  $NaCl$ . экстре-  
мальное падение раствори-  
мости объясняется разной  
сжимаемостью фаз, макси-  
мум растворимости дости-  
гается при равенстве  
 $\bar{V}(liq) = \bar{V}(gas)$ . Изотер-

мы составов сосуществу-  
ющей углекислотной фазы

Эффект расширения области неомесимости при высоких давлениях  
в системах, достаточно полно отражающих состав природного флюида,  
по-видимому является основной причиной глобального распростране-  
ния почти чисто углекислотных включений в породах высоких ступеней  
метаморфизма ( $T > 500^\circ C$ ,  $P > 3,5$  кбар). Углекислотный флюид, возмож-  
но, представляет собой оставшуюся в кристаллах одну из сосуществую-  
щих несмесимых фаз, которые были в системе при высоких давлениях.  
Немногочисленные находки включений концентрированных растворов  
хлоридов (например, Sissin et al. 1981, Kreulen, 1980 и др.) син-  
генетичных с метаморфическими углекислотными включениями, также  
свидетельствуют в пользу неомесимости флюида в условиях высоких  
ступеней метаморфизма. Экспериментальные данные по внутрикристал-  
лической миграции воды показывают, что сохранность включений вод-  
но-солевой фазы в кристаллах при изменении внешних условий во  
время регионального метаморфизма маловероятна.

С.В.Соколов  
(ВИМС, г.Москва)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТР-ПАРАМЕТРОВ ОБРАЗОВАНИЯ КАРБОНАТИТОВ

Для полистадийных карбонатитов и генетически родственных им  
пород апатит-магнетитовой серии, связанных с платформенными щел-  
очно-ультраосновными комплексами, оценка Т-условий формирования  
производилась по температурам гомогенизации ( $T_{ГОМ}$ ) расплавных  
(РПВ) и флюидных (ФЛВ) включений (табл.1), различным минералогиче-  
ским термометрам (табл.2) и результатам экспериментов, модели-  
рующих температурную стабильность карбонатов содержащих парагенези-  
сов (использованы авторские и литературные данные).

Т а б л и ц а I

| Статья | Включения  | Силикаты | Апатит             | Карбонаты           |
|--------|------------|----------|--------------------|---------------------|
| I      | РПВ<br>ФЛВ | 750-1020 | 880-960<br>260-570 | 560-820<br>350-385  |
| II     | РПВ<br>ФЛВ | 740-915  | 620-790<br>230-480 | >450-640<br>315-430 |
| III    | РПВ<br>ФЛВ |          | 700-760<br>200-400 | 550-760<br>260-380  |
| IV     | РПВ<br>ФЛВ |          |                    | 670-730<br>215-430  |

В температурные интервалы устойчивости минералов-индикаторов (меллитит, пириквиз, диопсид, форстерит, гумит и др.), характерных для отдельных стадий карбонатитового процесса, попадают  $T_{\text{гом ППВ}}$ . С ними в соответствии находятся максимальные значения температур, полученные с помощью большинства минералогических термометров (см. табл. I и 2), тогда как более низкие цифры фиксируют температуры посткристаллизационного преобразования минералов.

Т а б л и ц а 2

| Стадия | I       | 2       | 3       | 4       | 5       |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| I      | 560-630 | 715-727 |         |         | 550-850 |
| II     | 430-530 | 670-716 | 570-665 | 350-620 | 480-850 |
| III    | 350-420 |         | 600-610 | 420-600 | 500     |

I - фазовое соответствие в парах пироксен+биотит (амфибол); 2,3,4 - соответственно изотопно-кислородный, магнетит-ильменитовый и кальцит-доломитовый термометры; 5 - структуры распада в шпинелидах.

Минимальные величины Р-параметра (кбар) определялись посредством кальцит-доломитового барометра (табл.3, графа I) и  $T_{\text{гом ППВ}}$  в апатите - сосуществующих водных и углеводородных (графа 2) или

Т а б л и ц а 3

| Стадия | 1       | 2         | 3         |
|--------|---------|-----------|-----------|
| I      |         | 0,96-1,50 | 0,96-1,42 |
| II     | 0,6-2,6 | 0,96-1,14 | 0,78-2,59 |
| III    | 0,8-1,2 | 0,91-1,23 | 1,06-1,82 |

содержащих галит+сильвин (графа 3). Принимая  $T_{\text{гом ППВ}}$  в апатите за температуру кристаллизации минерала-хозяина, по этим данным установлены истинные значения флюидного давления, составляющие 2,5-4,4 кбар.

Д.К.Возняк, Ю.А.Галабурда  
(ИГЕМ АН Украины, г.Киев)

СОЛЕВЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ РАСПЛАВЫ И МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ  
(ПО ФЛЮИДНЫМ ВКЛЮЧЕНИЯМ В МИНЕРАЛАХ)

Многочисленные находки необычных по наполнению включений (Бакуменко И.Т., и др., 1978; Соколов С.В., Романчев Б.П., 1978; Симонов В.А., 1981; Бакуменко И.Т., 1986; Наумов В.Б. и др., 1986 и др.) указывают, что солевые магматические расплавы - весьма распространенная минералообразующая среда природных процессов. Включения содержат лишь твердые фазы и газ, который не обособляется в обычный шарообразный пузырек, а деформируется, занимая интерстиции между твердыми фазами. Жидкой фазы во включениях при комнатной температуре не обнаружено. Включения раскристаллизованного солевого расплава обнаружены в разных минералах карбонатитов, цирконе кимберлитового типа (Возняк Д.К., Квасница В.Н. и др., 1988), кварце занорылевых пегматитов Волыни, гранате с микрокристаллами алмаза из метаморфических пород Кокчетевского массива (Северный Казахстан) и др. А в кварце из мафических пегматоидов комплекса Бушвелд (Schiffries Craig M., 1990) найдены водные солевые включения, жидкая фаза у которых отсутствует при 20°C.

В природе солевые магматические расплавы выполняют различные функции:

- они являются наиболее вероятной жидкой фазой астеносферной зоны Земли, важнейшей составной части верхней мантии, которая, вероятно, определяет процессы в выпележающей литосфере. Образование циркона кимберлитового типа, в котором были обнаружены включения раскристаллизованного солевого расплава, оценивается в широких пределах - от 800 до 1400°C и давления ~ 60 кбар, что соответствует глубинам 150-200 км. Учитывая то, что циркон содержит в виде включений алмаз и сам захватывается последним, имеются все основания ожидать находок аналогичных флюидных включений и в кристаллах алмаза;

- выполнять роль одного из наиболее эффективных механизмов концентрации и выноса рудных компонентов из силикатной магмы (ликвационное силикатно-солевое расщепление флюидосодержащей силикатной магмы) (Жариков В.А., Горбачев Н.С., Ишбулатов Р.А., 1986). Малая вязкость и низкая температура раскристаллизации солевого

расплава позволяет ему легко мигрировать по трещинам в твердом теле пород, а при разбавлении водой принимать участие в минералообразовании на значительном удалении от магматического интрузивного тела;

- средство переноса полезного ископаемого из мест его зарождения и роста до его современного нахождения в земной коре. Включения солевого расплава в цирконе кимберлитового типа и гранате с микрокристаллами алмаза из метаморфических пород зафиксировали (Возняк Д.К., Квасница В.Н., 1992) два полярных случая выноса алмаза из глубин мантии Земли в земную кору: первый - резким выбросом больших масс кимберлитового расплава; второй - постепенным перемещением маловязких солевых расплавов по зонам трещиноватости твердых пород. В последнем случае величина кристаллов алмаза будет лимитироваться скоростью передвижения солевого расплава и поперечными размерами трещин. Для метаморфических пород она составляет преимущественно 0,02-0,07 мм;

- свидетельствовать о существенных изменениях в формировании геологического объекта. Так, наличие солевых расплавов в кристаллах дымчатого кварца из занорышей пегматитов Волни, температуры плавления которых достигали 555°C (гетерогенная система "расплав - газ"), свидетельствует о том, что когда содержащие пегматит граниты достигли при охлаждении температуры около 300-350°C, система макротрещин достигла таких глубин, где температуры были не ниже зафиксированных включениями раскристаллизованного солевого расплава. Давления при этом были низкими. Их значения были существенно ниже 37,9 МПа, что соответствует давлению пара насыщенного раствора NaCl (62% от массы) при 550°C. Поступление летучих в занорыши пегматитов из глубин, происходило, безусловно, и при более высоких температурах вмещающих пегматит гранитов, не вызывая, однако, столь разительных изменений минералообразующего раствора.

#### ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ, МЕТАМОРФИЧЕСКИХ И КАРБОНАТИТОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

33

И.П.Соловова, А.В.Гирно,  
А.В.Гужова  
(ИГЕМ, ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### КАРБОНАТНО-СИЛИКАТНАЯ НЕСМЕСИМОСТЬ В ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОИДАХ ВОСТОЧНОГО ПАМИРА

В клинопироксенах лейцитовых фергусит-порфиров одной из трубок взрыва изучены сингенетичные карбонатные и силикатные включения. Аналогичные включения обнаружены и в пироксенах из карбонатного прожилка в данной породе. Карбонатные включения на 70-90% состоят из кальцита, остальной объем вакуоли заполнен дочерними силикатными минералами. Мелкозернистая основная масса прожилка представлена кальцитом, силикатными и рудными минералами. Среди дочерних минералов во включениях и в основной массе прожилка установлены: *Sr* -содержащий кальцит, цеолиты различного состава, эгирин, нефелин, кальсилит, *Ba* -щелочной полевой шпат, лейцит, калиевый полевой шпат, *Sr* -апатит, *Ti* -биотиты, *Ti* -магнетит, *Fe* -сульфиды и другие минералы. Среди твердых включений в клинопироксенах породы и прожилка найдены цеолиты. Установлено, что наиболее ранние минералы обогащены *M* и *Ba*, а поздние - *Ca*, *Sr* и  $H_2O$ . Карбонатный расплав обогащен *Ba*, *Sr*, *M*, *Ti*, *S*, *Cl* и *P*, содержание  $H_2O$  оценено в 2-3 мас.%. Температура гомогенизации силикатных включений, сингенетичных с карбонатными - 1050-1100°C. Для примера приведем составы силикатных включений в наиболее раннем минерале прожилка - офеке и в клинопироксене (мас.%): 34,9-51,6  $SiO_2$ ; 4,9-0,6  $TiO_2$ ; 16,1-16,4  $Al_2O_3$ ; 10,5-4,6  $FeO$ ; 0,1-1,4  $MgO$ ; 18,9-4,2  $CaO$ ; 2,9-0,5  $BaO$ ; 1,8-0,1  $SrO$ ; 1,6-3,2  $Na_2O$ ; 3,3-13,1  $K_2O$ . Вполне возможно, включения в офеке отражают состав гомогенной магмы. Используя соотношения дочерних фаз, подсчитанные в одном из срезов крупного карбонатного включения, мы рассчитали валовый состав включения (мас.%):  $SiO_2$  - 20,2;  $TiO_2$  - 0,5;  $Al_2O_3$  - 7,7;  $FeO$  - 2,0;  $MgO$  - 0,05;  $CaO$  - 33,8;  $BaO$  - 2,3;  $SrO$  - 1,3;  $Na_2O$  - 0,5;  $K_2O$  - 3,5;  $CO_2$  - 25,6 и  $H_2O$  - 2,5. Наиболее высокотемпературные карбонатно-ослепные расплавы образовались в результате расслоения богатого летучими базальтового расплава на силикатную и существенно карбонатную жидкости.

О.П.Цамерян, А.В.Соболев,  
Л.В.Дмитриев, Н.Н.Конюкова  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### ПЕТРОЛОГИЯ БАЗАЛЬТОВ АЗОРО-БИСКАЙСКОГО ПОДЪЯТИЯ (АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН) ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Целью настоящей работы являлось исследование пород наиболее древней (около 80 млн.лет) части Азора-Бискайского поднятия (АБП), проводимое для решения следующих задач: 1) определение петрохимического типа магматизма; 2) сравнение этого типа магматизма АБП с современным магматизмом прилегающих участков Срединно-Атлантического хребта (САХ).

Каменный материал был собран в процессе драгировок во 2-м рейсе НИС "Академик Борис Петров". Петрохимическая классификация базальтов океанического дна обычно осуществляется по данным о составе свежих закалочных отекол. В случае АБП свежие стекла, установленные на двух станциях драгирования, относятся к железотитанистым разностям и риолитам. Собственно базальтовые породы не подпадают под петрохимической классификации из-за существенных постмагматических изменений. В связи с этим, с целью получения петрохимической классификации базальтов АБП было проведено исследование расплавных включений в реликтах вкрапленников клинопироксена и плагиоклаза (оливин полностью изменен) в образце оливин-клинопироксен-плагиоклаз-порфирового базальта.

Эксперименты по гомогенизации расплавных включений проводились на высокотемпературной установке конструкции Слуцкого-Соболева. Продолжительность эксперимента составляла в среднем 40-50 мин при выдержке 10-15 мин при температуре гомогенизации для достижения равновесия минерал-расплав. Существенное плавление кристаллической фазы начиналось при температуре, близкой к 1100°C. Полное ее плавление и гомогенизация расплавных включений в обоих минералах-вкрапленниках происходили в довольно узком температурном интервале (1190-1220°C), что говорит о контактическом характере кристаллизации. Представительные составы гомогенизированных расплавных включений, полученные на микрозонде САМЕВАХ-microbeam, приведены в таблице.

УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ЭВОЛЮЦИЯ МАГМ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ  
АЛИЧУРСКОГО ПОЛИХРОННОГО ПЛУТОНА И КЫЗЫЛРАБАТСКОЙ  
ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКОЙ СЕРИИ (ЮЖНЫЙ ПАМИР)

Изучались позднемезозойские монцогабброиды, кварцевые монцитониты и гранит-лейкограниты Аличурского плутона и трахиандезито-базальты, кварцевые латиты и дацит-риолиты Кызылрабатской серии, формирующие единый вулканоплутонический пояс. Детальные термометрические и микрозондовые исследования расплавленных включений в породообразующих (пироксены, плагиоклазы, кварц) и акцессорных (апатит, циркон) минералах из этих пород позволили установить составы первичных шшонитовых магм (с температурой ликвидуса около 1200°C) и их эволюцию; составы и P-T-параметры кристаллизации кислых анатектических расплавов; а также составы гибридных (латитовых) магм и их эволюцию. Вывод о гибридном происхождении латитовых магм получен при изучении включений в минералах из дайки диоритовых порфиритов и прямо подтвержден находками расплавленных включений базитового и кислого состава в апатитах из кварцевых монцидиоритов и в пироксенах из кварцевых латитов.

На основании полученных данных установлено, что главным петрогенетическим процессом при образовании монцитонитоидов и кварцевых латитов являлось полистадийное смешение базитовых (шшонитовых) магм с кислыми анатектическими выплавками различных уровней глубинности и кристаллизация гибридной магмы. Выявлено развитие в магмообразующей системе как нижнекоровых анатектических очагов с P-T-параметрами около 10 кбар и 1000°C, так и верхнекоровых с температурами около 740°C; а также увеличение калиевоности анатектических магм с глубиной. Появление основного объема латитовых расплавов связывается с процессами сиктекоиса в нижнекоровых условиях. В незначительных масштабах эти процессы зафиксированы и на уровне становления габброидов (образование оторочек гибридных пород и анатектитов на контакте с вмещающими породами).

Изучение флюидных режимов кристаллизации магм показало, что монцитонитоиды Аличурского плутона образовались из недонасыщенных летучими расплавов и лишь на заключительных стадиях кристалли-

| Включения | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO** | MnO  | MgO  | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Сумма |
|-----------|------------------|------------------|--------------------------------|-------|------|------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| 1(2)*     | 51,36            | 0,19             | 14,75                          | 7,19  | 0,10 | 9,51 | 13,27 | 1,88              | 0,46             | 0,15                          | 98,76 |
| 2(3)      | 51,62            | 0,33             | 15,68                          | 7,83  | 0,16 | 8,40 | 12,92 | 1,50              | 0,93             | 0,27                          | 99,64 |
| 3(3)      | 51,71            | 0,30             | 15,66                          | 7,08  | 0,14 | 9,28 | 13,82 | 1,90              | 0,05             | 0,03                          | 99,97 |
| 4(2)      | 51,68            | 0,81             | 13,60                          | 9,04  | 0,17 | 8,21 | 13,04 | 1,93              | 0,06             | 0,04                          | 98,58 |
| 5(3)      | 51,93            | 0,80             | 13,94                          | 8,84  | 0,13 | 8,74 | 13,24 | 1,39              | 0,08             | 0,08                          | 99,14 |
| 6(1)      | 51,52            | 0,81             | 13,60                          | 9,35  | 0,18 | 9,01 | 12,78 | 1,72              | 0,07             | 0,08                          | 99,09 |

\* В скобках количество проанализированных включений.

\*\* Общее железо в двухвалентной форме.

1-3 - включения в Pl ;  
4-6 - включения в Crk .

По различным независимым петрохимическим критериям полученные составы расплавов полностью соответствуют типу толеитов океанических рифтов (ТОР-I по классификации Л.В.Дмитриева с соавторами, 1979). Пониженные содержания титана во включениях в плагиоклазе объясняются реакцией расплава с минералом-хозяином и не характеризуют истинное содержание титана в расплаве. Обращают на себя внимание повышенные содержания калия и фосфора в некоторых расплавах. Так как эти данные получены на основании измерения состава нескольких гомогенизированных включений, то возможность ошибки исключается. Герметичность включений подтверждается их одновременной гомогенизацией. Факт обнаружения совместного нахождения в одном образце наряду с обычными расплавами ТОР высококальциевых расплавов свидетельствует о смешении магм с различной степенью обогащенности несовместимыми элементами. Обнаружение обогащенных расплавов объясняет древний магматизм АБИ с современным магматизмом САХ на широте 45° с.ш., где наблюдается одновременное проявление трех геохимических типов ТОР - переходного и обогащенного высококальциевого, а также, в небольшом объеме, нормального деплетированного.

Таким образом, магматизм северного окончания АБИ близок магматизму современного участка САХ 45-46° с.ш., что подтверждает устойчивость магматизма ТОР на протяжении почти 80 млн.лет.

зависи отщелялись высокоплотные полно-хлоридные растворы. Ранние включения плагиоклазов из двупироксеновых кварцевых литов Кызылбабаской серии содержат наряду с расплавленными первичные существенно углекислотные включения с плотностью около  $0,7 \text{ г/см}^3$ , что свидетельствует о дегазации расплавов в глубинных магматических камерах (при температуре  $1180-1150^\circ\text{C}$  и давлении около 4 кбар) с отделением высокоплотного углекислотного флюида. При дегазации литовых магм в малоглубинных камерах отщелялся гетерогенный флюид, состоящий из существенно солевых расплавов-растворов и газовой фазы. По данным микросондовых анализов среди солей преобладают хлориды *Fe, Na, K*.

В.А.Симонов, Н.Л.Добрецов, И.В.Ащепков  
(ОИГТИМ СО РАН, г.Новосибирск)

#### Флюидные включения в минералах мантийных ксенолитов Байкальской рифтовой зоны

Найдены и были исследованы с помощью методов криометрии три типа микровключений в пределах одних и тех же зерен ортопироксенов из лерцолитовых ксенолитов Байкальской рифтовой зоны. Первичные однофазовые включения, в виде одиночных прямолинейных трубочек, содержат жидкую углекислоту с плотностью около  $1,18 \text{ г/см}^3$ . При температуре  $1150^\circ\text{C}$  давление флюида достигало 13,5 кбар. Минераторичные однофазовые округлые включения жидкой  $\text{CO}_2$  с плотностью  $1,02-1,05 \text{ г/см}^3$  фиксируют давления 8-10 кбар при  $900-1000^\circ\text{C}$ . Вторичные расплавленные включения содержат отдельные фазы  $\text{CO}_2$  с плотностью  $0,6-0,95 \text{ г/см}^3$ . При температуре базальтовой магмы (около  $1250^\circ\text{C}$ ) давление в флюидонасыщенной системе варьировало от 2,5 до 8 кбар.

Полученные данные по микровключениям позволяют проследить эволюцию параметров процессов флюидно-магматического воздействия на ультраосновные ксенолиты. Первичные включения фиксируют мантийные условия формирования минералов ксенолитов (около  $1150^\circ\text{C}$  и 13,5 кбар, при преобладании  $\text{CO}_2$  во флюиде). Системы минераторичных включений отражают снижение параметров (давление уменьшается до 8-10 кбар) в верхних горизонтах мантии. Вторичные включения — результат воздействия на минералы ультраосновных мантийных ксенолитов флюидонасыщенного базальтового расплава, несущего эти ксенолиты (при падающем давлении от 8 до 2,5 кбар). Во всех процессах флюидно-магматического взаимодействия мантийных ксенолитов и расплавов доминирующей компонентой в составе летучих была углекислота.

Т.Б.Колесник  
(КазИМС, г.Алма-Ата)

#### МАГМАТИЧЕСКАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОВ (по данным термобарогеохимии)

Термобарогеохимические исследования проводились по Верхне-Эспинскому массиву (Чингиз-Тарбагатайская складчатая область в Восточном Казахстане), на примере которого в 50-60-е годы была разработана алогранитная модель формирования редкометалльных щелочных гранитов.

В строении массива выделены щелочные граниты трех фаз. К первой фазе отнесены ранние дайки рибекит-двушпатовых гранит-порфиров и ащипальные залежи мелкозернистых гранитов и микрогранитов, расположенных над гранитами второй фазы (главной), представленной среднезернистыми, реже порфировидными рибекит-двушпатовыми породами обычно трахитоидной текстуры (главная фация) и пегматоидными гранитами, распространенными в эндоконтактной части массива. В главной фазе выделяется две генерации кварца, более поздняя из которых представлена зернами, содержащими включения лейстового альбита и рудных акцессорных минералов, расположенных по зонам роста, что служило основным доводом в пользу их метасоматического образования. Пегматоидные граниты имеют четкие и резкие контакты с гранитами первой фазы, нередко пронизывая их и роговики в виде апофиз, сопровождаемых зонами фенитизации вмещающих пород и являясь наиболее обогащенными рудными акцессорными минералами, вместе с фенитами представляют зональные рудные тела. Наши предшественники эти апофизы рассматривали как симметрично-зональные экзоконтактовые метасоматиты. К третьей фазе отнесены дайки и штокообразные тела аплитовидных рибекит-микроклин-альбитовых гранитов и аплитов, жилы- и линзообразных рибекит-кварц-микроклиновых пегматитов.

Среди большого разнообразия первичных включений в кварце щелочных гранитов выделены включения шести типов. Расплавленные включения первого типа (силикатные) распространены в гранитах всех фаз на разных уровнях кварцевых зерен. Однофазовые включения второго типа, по ряду признаков отнесенные нами к расплавленным, в большом количестве совместно с силикатными присутствуют во всех

вкрапленниках гранитов второй и третьей фаз, а также в пегматоидных их разностях и апофизах аплит-пегматитов. Микросондовым анализом состав этих включений определен как фторидный и щелочно-фторидный с высоким содержанием  $Y$  и  $Ta$ . Третий тип - отсутствующие флюидные включения - встречается только в центральных частях зерен кварца первой генерации. Совместным наличием в зернах кварца указанных типов включений определяется множество комбинированных включений четвертого типа, часть из которых после расплавления твердых фаз дает два несмешивающихся расплава силикатного и фторидного, обогащенного  $Ta$ , состава. Наряду с вышеописанными существует ряд кристалло-флюидных включений пятого типа, ассоциирующих со всеми ранее рассмотренными включениями и с кристаллическими включениями шестого типа: альбитом, микроклином, рибекитом, флюоритом и рудными минералами.

Таким образом, данные термобарогеохимии свидетельствуют о магматической природе редкометалльных щелочных гранитов - основной массы рудных минералов и флюорита, для кристаллизации которого не требуются аномально высокие содержания фтора в расплаве. Кристаллизация гранитов происходила при температурах 950-790°C. По мере обогащения расплава летучими (водой и фтором) и флюидно-магматической дифференциации существенную роль во всем объеме гранитов второй фазы, очевидно, начинают играть явления несмешиваемости, приводящие к ликвидации щелочно-гранитного расплава на силикатной и щелочно-фторидной и сосуществующей с ними флюидной фазе. Нам представляется, что ликвидация является основным механизмом разделения и магматической концентрации редких и редкоземельных элементов в щелочных гранитах.

Н.М.Подгорных, С.В.Ковязин,  
Т.Ю.Базарова, В.П.Пругов, В.А.Мянин  
(ИГиЛ, СО РАН, г.Новосибирск)

#### ВКЛЮЧЕНИЯ В МИНЕРАЛАХ УЛЬТРАОСНОВНЫХ ПЛАТИНОСОСНЫХ ПОРОД КОНДЕРСКОГО МАССИВА

Проведены термобарогеохимические исследования дунитов, оливинитов, пироксенитов, слагающих большую часть Кондёрского массива.

В породообразующих минералах - оливине, пироксене, хромите - обнаружены и изучены включения, среди которых выделены три группы:

кристаллические включения минералов-предшественников, продуктов распада; включения минералообразующих орад (МОС).

Включения первой группы характерны для оливина. Они представлены идиоморфными кристаллами хромита размером до 150 мкм, расплавлены в минерале хаотично. Границы между оливином и хромитом не имеют реакционных кайм. Микрорельеф граней хромита индуцирован на поверхности оливина.

Для этого парагенезиса, первичность которого не вызывает сомнений, получены расчетные температуры установившегося равновесия, которые выше таковых для оливин-хромитовых ассоциаций других структурных позиций.

Вторая группа объединяет включения продуктов распада оливина и пироксена. Эти включения строго ориентированы относительно главных кристаллооптических направлений минерала-хозяина, которыми также контролируется и огранка включений. Размер колеблется от первых до 600 мкм. Формы выделений чрезвычайно разнообразны (дондриты, пластины, "иглы"). Характерной особенностью локализации этих включений является концентрация их преимущественно в ядерных частях; в то время как периферия кристаллов остается относительно стерильной от включений.

В третью группу входят включения МОС, среди которых, кроме нормальных первичных, мнимоторичных и вторичных включений расплава, присутствуют аномальные включения, являющиеся, по нашему мнению, продуктами преобразования нормальных включений, претерпевших различную степень интенсивности температурные воздействия.

Несмотря на то, что все типы нормальных включений характерны для минералов высокомагнезиальных магматогенных образований, они имеют некоторые особенности, трактовать которые однозначно не представляется возможным из-за отсутствия детальных аналитических данных. К этим особенностям относятся: 1 - разгерметизация подавляющего большинства включений при нагревании в интервале температур 680-730°C; 2 - близость состава тонкораскристаллизованной массы во включениях к составу нормативного серпентина; 3 - низкое содержание  $Cr_2O_3$  во включениях; 4 - рудная фаза во включениях представлена исключительно магнетитом.

Проведенные эксперименты по термометрии минералов, исследование химического состава сосуществующих минералов и включений в них, а также наличие преобразованных включений и продуктов распада в оливине и пироксене дают основание полагать, что началу

формирования пород массива соответствовали глубинные условия, а минимальные температуры кристаллизации исходной магмы превышали 1300°C. В посткристаллизационный период существования массива слагающие его породы претерпели неоднократный прогрев как в результате воздействия последовательно внедрявшегося порций расплавов, сформировавших отдельные тела и дайковый комплекс массива, так и в результате воздействия трансагматических флюидов.

М.О.Питик (ИГГЧ АНУ, г.Львов),  
Л.З.Скакун (ЛГУ, г.Львов),  
С.Е.Ломов (ИГГЧ АНУ, г.Львов)

#### ВТОРИЧНЫЕ ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ФЕНОКРИСТАЛЛАХ КВАРЦА РИОЛИТОВЫХ ТУФОВ БЕРЕГОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАКАРПАТЬЕ)

На основе детального микровизуального и термометрического анализа вторичных флюидных включений в фенокристаллах кварца рудовмещающих риолитовых туфов Береговского золото-полиметаллического месторождения, охарактеризован предрудный высокотемпературный (260–350°C) этап его становления. Высказано предположение о том, что основным фактором, контролирующим физико-химические свойства растворов на данном этапе, было взаимодействие порода-флюид (кондуктивное охлаждение, химические реакции, мембранная фильтрация). Проявлением такого взаимодействия явились **высокосоленые** (до 19,8 мас.% NaCl экв.) кальций-магний-натрий-хлоридные поровые растворы, фиксирующиеся во включениях фенокристаллов кварца. По ходу развития рудообразующей системы одним из определяющих факторов геохимической эволюции гидротермальных флюидов становились процессы смешения растворов различного происхождения. На это указывает четко выраженное снижение температур гомогенизации и солесности флюидных включений образцов из рудных зон. Процесс смешения являлся ведущим механизмом рудообразования в пределах района.

В.А.Симонов, С.В.Ковязин,  
А.А.Милонов  
(ОИГГИМ СО РАН, г.Новосибирск)

#### РАСПЛАВНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МИНЕРАЛАХ БОНИНИТОВ ГОРНОГО АЛТАЯ

Впервые найдены включения магматических расплавов в минералах бонинитов из древних океанических структур (венд-камбрийских офиолитов Горного Алтая). Интерес к бонинитам определяется как

овоеобразием их состава, обладающего одновременно признаками ультраосновных и средних пород, так и местом образования – они характерны для современных островных дуг Тихого океана (Геология дна..., 1980; Висоцкий, 1989; Геология и петрология..., 1991 и др.), что очень важно для палеогеодинамических реконструкций.

Во вкрапленниках клинопироксенов из бонинитов Горного Алтая первичные расплавные включения (3–30 мкм) располагаются в центрах и по зонам роста кристаллов. Формы округлые, часто с обрывкой. Включения многофазовые: несколько светлых кристалликов (преимущественно пироксен) + темные (газовые и рудные) фазы.

При нагреве включения становятся полностью гомогенными (с полным расплавлением всех силикатных и рудных фаз) в интервале температур 1260–1350°C. Часть включений сохраняют газовые пузырьки в расплаве до 1400°C и выше. Подобный эффект был отмечен ранее для пироксенов из марианит-бонинитовой серии пород Марианского жалаба (Геология дна..., 1980).

Полученные нами температуры выше данных других исследователей по расплавленным включениям в минералах бонинитов островных дуг: Тонга – 1150–1290°C (Данюшавский, Соболев, 1987) и Марианской – 1200–1280°C (Геология дна..., 1980), что хорошо согласуется со сравнительной обогащенностью минералов из бонинитов Горного Алтая высокотемпературными тугоплавкими компонентами (Mg, Cr и др.).

В.Е.Сонюшкин, П.К.Копежников  
(ИЛСАН, г.Москва)

#### ФЛЮИДНЫЕ CO<sub>2</sub> ВКЛЮЧЕНИЯ И ДИСЛОКАЦИОННЫЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ОЛИВИНА УЛЬТРАОСНОВНЫХ КСЕНОЛИТОВ

Ксенолиты ультраосновных пород, являются важным источником информации о термодинамических условиях и флюидном режиме глубинных процессов. Оливин, как наиболее пластичный минерал, отражает в своей дислокационной структуре состояние и реологию твёрдопластических течений верхней мантии. Захват флюидных включений на фоне интенсивных пластических деформаций может сопровождаться преобразованием морфологии, размеров и плотности включений. Эти процессы могут существенно уложиться интерпретацию РТ условий захвата включений и дать значительное расхождение между петрологическими оценками и данными термобарохимии.

239

Процессы изменения плотности включений  $\text{CO}_2$  в ходе пластической деформации оливины были зафиксированы нами при изучении ксенолитов шпинельных ларциолитов вулкана Шаварчи-Царам (Монголия). Методом декорирования в оливине были обнаружены деформационные субзернистые структуры, состоящие из малоугловых граничноориентированных включений (IOO), и протыкающих их винтовых дислокаций с  $b = [100]$ . Такие структуры хорошо описаны в литературе и отвечают деформации оливины в условиях мантийного крипа. Наиболее полные включения  $\text{CO}_2$  были обнаружены по границам и внутри субзерен (IOO). Максимальная определенная плотность таких включений ( $1,1 \text{ г/см}^3$ ) отвечает давлению 10 кбар при  $1050^\circ\text{C}$ , что существенно занижено по сравнению с петрологическими данными (17 кбар при  $1050^\circ\text{C}$ ). Причина несоответствия может заключаться в последующем изменении плотности включения  $\text{CO}_2$  при пластических деформациях.

В.П.Чупин, А.В.Титов, С.В.Чупин,  
Л.М.Степанюк, А.Б.Котов  
(СИГТИМ СО РАН, г.Новосибирск; ИГиМ УАН,  
г.Киев; ИГиД РАН, г.Санкт-Петербург)

#### РАСПЛАВНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЦИРКОНАХ ИЗ ДОКЕМБРИЙСКИХ ПОРОД

Проведено детальное исследование включений в акцессорных цирконах из докембрийских пород гранулит-гнейсовых комплексов Анабарского и Алданского щитов. Изучались цирконы из гиперстенных плагиогнейсов (с возрастом 3,3 и 3,5 млрд. лет соответственно), а также из позднэархейских и раннепротерозойских мигматитов и интрузивных эндербитов. В плагиогнейсах преобладают длиннопризматические цирконы с древними ядрами и в меньших количествах присутствуют округлые "гранулитовые" кристаллы (иногда также с ядрами). Короткопризматические незональные кристаллы более характерны для массивных эндербитов. В плагиогнейсах и мигматитах Алданского щита выявлено несколько генераций цирконов.

Практически во всех разновидностях цирконов установлены расплавные включения. Первичные флюидные включения пока не обнаружены. Для древних реликтовых ядер характерны аazonальные и зональные стекловатые включения (диагностика на раман-КР-спектрометре), а для более молодых цирконов - аazonальные включения раскристаллизованных расплавов. Включения не гомогенизируются даже при  $1200^\circ\text{C}$ , по-видимому, из-за потери части летучих.

По данным микрозондовых рентгеноспектральных анализов стекловатых включений в позднэархейских и раннепротерозойских цирконах из пород Анабарского щита установлено, что эти цирконы кристаллизовались на позднемагматической стадии из низкощелочных, калиево-натровых, риодацитовых расплавов.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о первично-вулканогенном происхождении исходных для пироксеновых плагиогнейсов пород. В дальнейшем эти породы подвергались гранулитовому метаморфизму и анатексису по крайней мере в течение двух тектоно-магматических циклов. Это подтверждается магматической природой лейкосом мигматитов и массивных эндербитов.

О.М.Розен, Л.Ф.Добрыкина, В.Е.Соняшкин  
(ИЛСАН, г.Москва)

#### PT- ТРЕНДЫ ГРАНУЛИТОВ ПО ФЛЮИДНЫМ ВКЛЮЧЕНИЯМ (на примерах Анабарского, Кольского и Кчно-Шведского регионов)

PT-t тренды метаморфизма методами термобарогеохимии определяются путем выдаления разновозрастных генераций флюидных включений и оценки их состава, плотности и условий захвата. Обычный путь эволюции метаморфизма соответствует почти изотермической декомпрессии и определяется тем, что более поздние включения  $\text{CO}_2$  обладают меньшей плотностью. Более редкий случай захвата менее плотного флюида в ранних включениях соответствует почти изобарическому охлаждению.

Первый путь эволюции рассмотрен на примере тел массивных эндербитов (Анабарский щит) и чарнокитов (Южная Швеция). Включения  $\text{CO}_2$ , отвечающие пику метаморфизма ( $T = 850-900^\circ\text{C}$ ,  $P = 8-10$  кбар для Анабарского щита), обладают плотностью  $\rho = 1,1 \text{ г/см}^3$ . Наиболее крупные из этой генерации включения подвергались естественной декрепитации при  $\beta-\alpha$  переходе. Максимальная плотность таких включений соответствует  $0,9 \text{ г/см}^3$ , что дает  $T = 650^\circ\text{C}$  и  $P = 4$  кбар на линии фазового  $\alpha-\beta$  перехода. Завершался процесс захватом водно-солевых включений при  $T = 300-440^\circ\text{C}$  и  $P = 2$  кбар. Аналогичный PT-t тенд был установлен для чарнокитов Южной Швеции.

Другой случай был описан для эндербитов Центральной Кольской зоны ( $T = 750-820^\circ\text{C}$ ,  $P = 5,5-6,5$  кбар). Кварц этих пород интенсивно деформирован, содержит многочисленные полоски излома, по которым происходило преобразование включений  $\text{CO}_2$ , сопровождавшееся увеличением их плотности.

### РАСПЛАВЛЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В КАРБОНАТИТАХ УРАЛА

В минералах из карбонатитов Ильменогорско-Чушногогорского щелочного комплекса на Южном Урале обнаружены необычные включения, почти полностью состоящие из легко растворимых минералов, (представляющих ньерерант, нахколитом, пирсонитом, гейлусситом), с небольшим газовым пузырьком и незначительным (от 0 до 12 объ-емн. %) количеством водно-солевого раствора.

Они представлены: а) несколькими группами (поясками) по зонам роста флюидов кальцита в ранней (добрекчиевой) генерации карбонатитов; б) несколькими крупными одиночными включениями в центральных частях кристалликов пирсона из среднезернистых кальцитовых масс ранних карбонатитов; в) аномально крупным перетановидным одиночным включением в кристаллике апатита из брекчиевидного позднего карбонатита. В последнем случае в вакуоли совместно с легко растворимыми фазами встретился кристаллик кальцита.

Попытки их гомогенизации не дали положительных результатов: все они взрываются еще до наступления гомогенизации в интервале 250–340°C; во включении из апатита до кипения (при 365°C) растворились все фазы, кроме кальцитовой. Но температура их образования в любом случае не могла быть выше 400°C, иначе в "сухих" включениях мы бы обнаружили не ньерерант, а шортит.

Ориентировочный расчет составов консерватов дает цифры, близкие к аналитическим данным по содово-кальцитовым лавам вулканов Тороро и Олдиовью-Лангай. Факт прямого наблюдения раскристаллизовавшегося карбонатитообразующего расплава, богатого натрием акен в трех генетических аспектах. Во-первых, это, в сущности, единственное прямое доказательство как реальности существования такого расплава, так и легкости его перехода в жидкое состояние; во-вторых, это – подтверждение справедливости отнесения существенно карбонатных пород в Уральском щелочном комплексе к карбонатитам; в-третьих, высокая натровость расплава четко и однозначно объясняет причину того, что карбонатитовые зоны и тела в комплексе являются преимущественно окруженными обширными ореолами альбитизации и анортитизации пород, и позволяет сделать вывод, что альбитизация и анортитизация пород и карбонатитообразование являются двумя тесно взаимосвязанными сторонами единого процесса.

### ЛЕГУЧИЕ КОМПОНЕНТЫ В ГРАНАТАХ ГЛУБИННЫХ КСЕНОЛИТОВ И ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Анализ флюидных включений в минералах кимберлитов – пирропах и оливинах, а также в алмазах выявил широкий диапазон состава газовой фазы как по набору отдельных компонентов, так и по их соотношению. В этой связи важны данные по особенностям летучих в минералах различных типов мантийных парагенезисов.

Нами осуществлена газовая вытяжка и определен состав летучих компонентов капсулированных в пирропах глубинных ксенолитов преимущественно из кимберлитовой трубки Удачная. Извлечение летучих производилось путем последовательного термовскрытия капсулированных включений при температурах 400, 600 и 800°C. Определение состава газов осуществлено на хроматографах с пламенно-ионизационными детектором и катарометром, позволяющих разделить CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и углеводороды от метана до гексана включительно.

Составы летучих из включений в гранатах достаточно разнообразны. Помимо постоянного наличия H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> присутствует широкая гамма углеводородов. Среди последних во всех образцах количественно преобладает метан, распространены алканы и алкены. В летучих гранатов всех образцов отношения CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> составляет более десяти, но в различных разновидностях ксенолитов оно варьирует почти на три порядка. По этому критерию замечаются различия в составе летучих в гранатах ксенолитов основного и ультраосновного состава, с меньшим отношением в гранатах из ксенолитов эклотитов и эклотитоподобных пород. Для гранатов из перидотитов и крупных мегакристаллов характерно повышенное содержание CO<sub>2</sub>. Наиболее высокие количества H<sub>2</sub>O зафиксированы в гранатах эклотитоподобных пород и в образце кианитового эклотита.

По содержанию основных компонентов состав летучих в гранатах глубинных ксенолитов сопоставим с составом газовой фазы в алмазах, что свидетельствует о сходстве режима летучих на мантийных уровнях. Намечившаяся специфика состава летучих в гранатах эклотитов и перидотитов позволит в дальнейшем (при большем наборе данных) оценить особенности флюидного режима при формировании различных типов мантийных пород, в том числе алмазосо-державших.

Полученные результаты, в совокупности с литературными данными, показывают, что летучие компоненты, в том числе углеродороды, играют важную роль в процессах глубинного минералообразования и позволяют предполагать, что неоднородность состава летучих компонентов минералообразующих сред эколлитов и перидотитов явилась следствием различных условий их формирования, что в свою очередь, свидетельствует о различном режиме летучих в процессе образования алмазов соответствующих парагенезисов.

Е.М.Кожахметов  
(ИГН, г.Алма-Ата)

#### ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ ЭВОЛЮЦИИ ФЛОИДОВ КИСЛЫХ РУДОНОСНЫХ МАГМАТИТОВ

Определение состава флюидов проводилось в кислых магматических породах на основе количественных анализов газовых и солевых компонентов включений в кварце. Исследования флюидов кислых магм, с которыми связываются различные типы оруденения, также анализ имеющейся вертикальной зональности редкометалльного оруденения Акчатауского и Караобинского месторождений, позволил предложить следующую модель эволюции флюидов рудно-магматических редкометалльных систем.

В основу интерпретации результатов принята гипотеза образования самостоятельной флюидной фазы в процессе эволюционного перехода магматического флюида в раствор-расплавы и газоводную фазу. В этом случае более плотные растворы-расплавы отстают от газовой фазы. Вследствие этого, скорей всего вблизи источников флюидов отлагается молибденит, который большей частью экотрагируется и переносится растворами с высокими содержаниями галогенов. Наибольшей миграционной способностью, по-видимому, обладают вольфрамовые комплексы, в мобилизации которых большое участие принимают углекислотные соединения и фтор. Так доля углекислоты во флюиде редкометалльных гранитов в среднем в 6 раз больше, чем в риолитах колчеданных месторождений. Термобарогеохимические данные по рудным процессам, проведенные разными авторами на вышеуказанных редкометалльных месторождениях подтверждают возможность существования предлагаемой модели. Та-№6 оруденение связывается с литий-фтористыми гранитами, которые

расположены в глубинной части массивов Караоба и Акчатау. Увеличение лития и фтора на глубину по отдельным фазам этих гранитов подтверждают возможность формирования гранитов этого типа на глубине.

Ф.Г.Рейф, Ю.М.Ишков  
(Бурятский геол. институт СО РАН,  
г.Улан-Удэ)

#### ИЗМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОНОСНОСТИ МАГМАТИЧЕСКОГО ФЛОИДА В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ W-НОСНОЙ ГРАНИТНОЙ ИНТРУЗИИ

В последнее время появились прямые доказательства решающего влияния концентрации профилирующих металлов в магмогенных растворах на их способность формировать промышленное оруденение (см. тезисы К.В.Стальмачонка), что придает особую актуальность вопросу об условиях и причинах их появления. Согласно имеющимся экспериментальным и расчетным данным, два фактора (при прочих равных условиях) существенно влияют на металлоносность магматических флюидов: 1) их гетерогенизация, ведущая к многократному увеличению концентрации солей в жидкой фазе вскипевшего флюида и повышению ее щелочности, а следовательно, и экстрагирующей способности в отношении многих металлов (Шмулович, 1988, Эпельбаум, Салова, 1985); и 2) прогрессивное обогащение расплава рудными компонентами по мере увеличения массы выделившихся кристаллов (Рябчиков, 1984, Антипин и др., 1984), так что даже при постоянстве коэффициента распределения  $K_{фл-р}$  продукты дегазации остаточных расплавов должны быть наиболее металлоносными. Для оценки эффективности каждого из этих факторов проведено изучение включений магматического флюида, захваченного на разных стадиях кристаллизации магмы.

Гипабиссальный Марикиканский гранитный массив (Бурятия), с которым связано вольфрамовая минерализация, сформирован из мало-водной ( $C_{H_2O}^{пл} = 0,8-1,0$  вес.%) высокотемпературной ( $T_{ликв} = 1100-1060^\circ$ ,  $T_{сол} = 930-915^\circ C$ ) магмы. Становление его ю.-в. части сопровождалось отделением богатых хлором флюидов на всех стадиях кристаллизации, что следует из сонахождения в кварце гранитов как расплавных (РВ), так и перичных флюидных (сопутствующих) включений - СВФ. Преобладающая часть зерен породообразующего кварца

(Кв-1) содержит многочисленные (24 000-250 000 в см<sup>3</sup>) СФВ двух типов: газовые, заполненные малоплотной СО<sub>2</sub>, и кристаллофлюидные (КФВ), до 50% объема которых занимают кристаллы хлоридов Na и K, а также другие твердые фазы, в том числе магнетит. Это свидетельствует о гетерогенном состоянии магматического флюида на ранней и главной стадиях кристаллизации массива. Кварц более поздней генерации (Кв-2) слагает периферические зоны зерен Кв-1 и часть индивидуализированных выделений этого минерала в среднезернистых гранитах; этой же генерацией представлены все зерна кварца мелкозернистых аплитов, образующих микропрожилки в гранитах и оторочки вокруг миароловых полостей, в которых идиоморфные кристаллы мориона образуют самую позднюю генерацию магматического кварца-3. В кварце двух последних генераций газовые включения отсутствуют, а СФВ представлены одним типом кристаллофлюидными включениями, отличающимися от более ранних КФВ увеличенным размером газового пузыря (в среднем 28,6% против 14,4). Гомогенность магматического флюида на поздней и заключительной стадиях кристаллизации может быть обусловлена как снижением температуры, так и ростом флюидного давления.

Усредненные результаты лазерно-спектрального анализа включений магматического флюида представлены в таблице:

| Мин.-хоз. | Кол-во анализов | Температура захвата, °С | Соленость, вес.% NaCl | Концентрация, г/кг раствора |     |    |
|-----------|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----|----|
|           |                 |                         |                       | W                           | Mn  | Fe |
| Кв-1      | 5               | 1100-1060               | 52-56                 | <5                          | 84  | 74 |
| Кв-2      | 2               | 1050-960                | 56                    | 11                          | 202 | 42 |
| Кв-3      | 4               | 960-915                 | 55                    | 15                          | 100 | 49 |

Полученные данные позволяют заключить, что концентрация главных рудообразующих элементов в магматическом флюиде в основном определяется степенью дифференцированности дегазирующего расплава. Следовательно, наилучшие условия для образования промышленных месторождений создаются при формировании внутри плутонов крупных очагов остаточного расплава.

К.И. Лохов, Л.М. Саморукова,  
И.С. Седова  
(ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург)

### ФЛЮИДНЫЕ СОСТАВЫ МИНЕРАЛОВ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ И МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ (по данным химической масс-спектрометрии)

Флюидный анализ минералов на химическом масс-спектрометре при нагревании пробы до 1300°C дает представление о суммарном содержании газовых компонентов, заключенных в разновозрастных флюидных включениях, вакансиях, порках и дислокациях. Для гидроксилсодержащих минералов добавляются газы, входящие в структуру. Только при преобладающем развитии какого-либо процесса можно получить очень приближенное представление о составе флюида. Характер кривых газовой выделения и сохранность части включений после прогрева показывает, что полное газовой выделение не происходит. Кроме того, при нагревании пробы минералами флюида происходят реакции окисления-восстановления. В виду этого предлагается использовать суммарное количество  $H_2O + H_2 = H_2O'$  и  $CO_2 + CO = CO_2'$  и отношения  $H/C$  и  $N/C$ . С учетом этих ограничений рассмотрим распределение газов в различных минералах. Ассоциация  $pl + qz + cpx + opx + hb + bt \pm kfsp \pm gr$  характерна для гранулитов (мигматитов, эндробито- и чарнокито-гнейсов) верховьев Алдана и Курульты и для интрузивных эндробитов Куркиевского массива (С. Приладожье). Ассоциация  $qz + pl + kfsp + bt$  и  $qz + pl + cpx + hb + bt$  типична для мигматитов и ультраметаморфогенных гранитоидов амфиболитовой фации (Алланский шит) и интрузивных гранодиоритов Лауватсарского массива и гранитов Тервусского массива (С. Приладожье). Во всех случаях преобладающими являются  $H_2O$ ,  $CO_2$  и  $N_2$ .  $CH_4$ ,  $HCl$  и  $HF$  присутствуют в значительно меньших количествах. По возрастанию общего газовой выделения с учетом  $H_2O$  ( $\Sigma$ ) минералы зоны ультраметаморфизма располагаются в следующий ряд  $qz \rightarrow gr \rightarrow pl$ ,  $kfsp \rightarrow mgt$ ,  $ilm \rightarrow cpx$ ,  $opx \rightarrow hb$ ,  $bt$ ; в нем же наблюдается тенденция увеличения  $H_2O$ ,  $CO_2$  и  $N_2$ . Такой же ряд устанавливается и для интрузивных гранитоидов, но количество выделяющихся газов из кварца, плагиоклаза, биотита и ильменита более значительное, чем из соответствующих минералов зоны ультраметаморфизма. Четко прослеживаются закономерные изме-

нения молярных долей флюидных компонентов в минералах. Так, для гранулитов Алдана в ряду  $qz \rightarrow pl, kfsp \rightarrow gr \rightarrow mgt \rightarrow opx \rightarrow hb$ ,  $bt$  наблюдается возрастание  $\chi_{H_2O}$  и уменьшение  $\chi_{CO_2}$ . Подобное устанавливается для куркиевских эндербитов. По  $\Sigma, \chi_{H_2O}$ ,  $\chi_{CO_2}$  и отношению Н/С намечается заметное различие минералов гранулитовой (1) и амфиболитовой (2) фаций, куркиевских эндербитов (3) и лаватсарских гранодиоритов (4) (таблица).

|               | qz  |     |     |     | pl  |     |     |     | bt |    |    |    | opx |     |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|
|               | 1   | 2   | 3   | 4   | 1   | 2   | 3   | 4   | 1  | 2  | 3  | 4  | 1   | 2   |
| $\Sigma$ мл/г | 0,4 | 0,3 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 2,5 | 2,1 | 4,7 | 35 | 55 | 46 | 24 | 13  | 12  |
| Н/С           | 3,3 | 4,7 | 2,8 | 3,5 | 3,5 | 8,1 | 3,4 | 4,8 | 18 | 50 | 32 | 27 | 5,9 | 5,2 |
| n             | 17  | 12  | 9   | 6   | 21  | 17  | 9   | 6   | 8  | 7  | 13 | 6  | 6   | 10  |

В то же время флюидные составы минералов гранулитов и интрузивных эндербитов близки, что обусловлено сходством условий формирования соответствующих ассоциаций в метасерпентинских и магматических породах. Несовпадение пиков выделения  $H_2O, CO_2$  и  $N_2$  свидетельствует о консервации компонентов флюида в отдельных системах включений. Различный состав флюида в минералах, кристаллизующихся одновременно, свидетельствует о различной флюидной емкости минералов, зависящей от их структуры и РТ-параметров. Наши данные могут быть интерпретированы таким образом, что флюид входит как в вакансии и дефекты кристаллов, так и консервируется во включениях захвата.

С.Б.Тальникова  
(ИГи СО РАН, г.Якутск)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ В КУБИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ АЛМАЗА

Получены предварительные результаты по исследованию включений желтых кубических алмазов в минералогической разновидности. Содержание и распределение включений в кристалле находится в

прямой зависимости от его внутреннего строения. Если алмаз имеет зональное строение, то включения чаще отмечаются в более интенсивно окрашенных зонах, располагаясь в основном в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в пирамидах роста кубических граней алмаза и практически отсутствуют на границах между ними. В изоморфных алмазах распределение включений хаотичное. Все включения, как правило, очень мелкие, в среднем размеры их составляют 10-15 мкм. Форма включений в сечении самая разнообразная - от треугольных, гексагональных пластинок до неправильных выделений. Рентгено-спектральный анализ состава включений показал присутствие оладуших окислов:  $SiO_2, FeO, MgO, Al_2O_3, MnO, TiO_2, P_2O_5, Na_2O$ . Отмечаются также заметные концентрации  $Cl_2$  реже  $F_2$ . Масс-спектроскопический анализ отдельных образцов обнаружил примеси таких газов, как  $H_2, CO_2, N_2, CH_4, H_2O$  и  $C_2H_6$ , что в свою очередь может свидетельствовать о флюидном режиме среды кристаллизации алмазов. Влияние летучей фазы на состав микровключений можно также предположить по установленной нами прямой зависимости содержания газов в алмазах от наличия в них твердых включений. Зональность кубических кристаллов алмаза, обнаруженных в некоторых эклогитах, а также установленные широкие вариации состава микровключений в пределах даже одного кристалла могут свидетельствовать о неравновесных условиях кристаллизации таких алмазов в условиях больших пересыщений.

Вопрос о генезисе таких алмазов остается дискуссионным. По мнению одних исследователей кристаллизация монокристаллов кубического габитуса с волокнистым строением могла происходить непосредственно из кимберлитовой магнезы или остаточного флюида, который был обогащен несмесимыми и летучими элементами. Альтернативный вариант предполагает возможность генетической связи между частичным плавлением эклогитовых пород и образованием кубических алмазов.

Р.Г. Юсупов, В.С. Полюковский,  
С.М. Мусатаев  
(НИ и УИ, г.Ташкент; ИГ АН, Кыргыз-  
стана, г.Бишкек)

САМОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ, КАРБИДЫ И СИЛИЦИДЫ ОРОГЕННЫХ  
ОБЛАСТЕЙ, ГАЗОВЫЙ СОСТАВ ФЛИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ  
(СРЕДИННЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)

На содержание  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $H_2$ ,  $O_2$  и других газовых компонентов (таблица) проанализированы образцы самородных металлов ( $Fe, Al, Si, Ag, Te$  и др.) и некоторых их карбидов и силицидов, крис-

Состав газовой фазы включений в самородных металлах,  
базальтоидных формаций, гидротермально-рудных  
Срединного

| № проб                                | Название материалов                                | $H_2O$ | $CO_2$ |
|---------------------------------------|--|--------|--------|
| <u>Магматические горные породы:</u>   |  |        |        |
| Новгородова и др. (1990)              | Срастание зиссита, хамрабаевита и графита          | -      | 21,0   |
| К-1                                   | Ферроилицит  | 0,3    | 91,0   |
| З                                     | Самородный Al в срастании с самородным Si          | 9,1    | 51,7   |
| A-224(I)                              | Самородное железо ( $\alpha-Fe$ )                  | 30,0   | 28,3   |
| A-224                                 | Срастание иоцита, когенита с включениями оливина   | 5,8    | 63,4   |
| TK-3                                  | Титаномагнетит, хромит, иоцит, когенит, джозафенит | 7,4    | 9,2    |
| <u>Гидротермально-рудные объекты:</u> |  |        |        |
| Ак-1                                  | Серебро самородное                                 | 26,9   | 22,2   |
| A-148                                 | Теллур самородный                                  | 0,1    | 16,2   |
| 26/9                                  | Сурьма самородная                                  | 1,6    | 0,8    |
| <u>Медистые песчаники:</u>            |  |        |        |
| З/110                                 | Медь самородная                                    | 5,3    | 2,1    |

\* Состав газовой фазы определен на вакуумном декрепитографе геохимическая лаборатория, В.С.Полюковский).

таллизацию которых ранее связывали со строго восстановительными условиями и отобранные из магматических горных пород (дайки- и штокообразные, а также пластообразные тела; диатремы и др.), отдельных рудных объектов в связи с ареалами магматизма с одного и посторогенного этапов развития региона, медистых песчаников Науката. По данным сепарации компонентов флюида по отдельным самородным минералам щелочно-базальтоидных формаций устанавливаются довольно высокие содержания диоксида и, включая присутствие оксида, углерода, метана и некоторых других, содержание которых формировались под влиянием исходной флюидонасыщенности магм с опре-

карбидах и силицидах металлов из магматитов щелочно-месторождений и медистых песчаников Тянь-Шаня (об.%)\*

| CO  | $CH_4$ | $C_2H_4$ | $H_2$ | $N_2$ | $NH_3$ | $SO_2$ | $O_2$ | Ar  | $K_{Boo}$ |
|-----|--------|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----------|
| -   | 1,5    | 30,0     | -     | 47,0  | -      | 0,8    | -     | 0,8 | 2,30      |
| -   | 0,1    | -        | 8,1   | 0,1   | -      | -      | -     | -   | 0,10      |
| 0,1 | 1,7    | -        | 35,0  | 2,3   | -      | -      | -     | -   | 0,64      |
| 0,1 | 0,3    | -        | -     | 40,9  | -      | -      | -     | -   | 0,70      |
| -   | -      | -        | 28,8  | 0,1   | -      | -      | 1,7   | -   | 0,42      |
| 4,1 | 0,1    | -        | -     | 73,4  | -      | -      | 5,2   | -   | 0,27      |
| -   | 14,4   | -        | 31,1  | 1,3   | -      | -      | 4,1   | -   | 0,92      |
| 0,1 | 74,7   | 0,2      | -     | 8,6   | -      | -      | 0,1   | -   | 4,60      |
| 0,3 | 0,2    | 0,1      | -     | 82,2  | -      | -      | 13,4  | -   | 0,25      |
| -   | 0,3    | -        | -     | 55,2  | -      | 0,1    | 37,0  | -   | 0,10      |

модели ВД-5 установки ЛХМ-80 (ИГО "Ташкентгеология", Термобаро-

деленной геохимической специализацией на углерод. Изучение микровключений состава газовой фазы отдельных барофильных минералов, предположительно, мантийных, показывает, что они отвечают образцам флюидов азотно-углеводородного типа с окисляющим влиянием  $\text{CO}_2$  и, по-видимому, характерны для самых верхних частей мантии. Судя по микровключениям в остальных минералах ( $\alpha\text{-Fe}$ ,  $\text{Fe}_3\text{C}$  и др.) составы флюидов постепенно эволюционируют в сторону гидридно-окисных и окисных ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.).

В самородных минералах гидротермально-рудных месторождений (*Ag*, *Te* и *Sb* — самородные) состав газовой фазы неожиданно обнаруживает присутствие не только высокоплотной  $\text{CO}_2$ , но и  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{N}_2$ , из которых  $\text{H}_2$  и  $\text{CH}_4$  — реликты исходного флюида.

ТЕРМОБАРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ  
ПЕГМАТИТОВЫХ, СКАРНЫХ, ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ  
И МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АПАТИТА, ГРАНАТА  
И ЦЕЛЕСТИНА ИЗ РЕДКОЗЕМЕЛЬНО-ФЛЮОРИТОВОГО  
РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ДУНКЕЛЬДИК  
(ВОСТОЧНЫЙ ПАМИР)

Апатит, гранат и целестин относятся к числу распространенных минералов рудопроявления. Первые два встречаются как акцессорный минерал в флюоритсодержащих сиенитах, сиенит-порфирах и в скарноидах. Однако основное количество этих минералов, а также целестина приходится на долю жил и прлжилков преимущественно флюоритового и флюорит-кальцитового состава, содержащих также пироксен, амфиболы, калишпат, ангидрит, кварц, барит, цоизит, эпидот, флогопит, мусковит, хлорит, циркон, эвдиалит, фторкарбонаты редких земель, бритолит, монапит, сфен и другие минералы.

В апатите обнаружены одиночные первичные кристаллофлюидные включения, имеющие форму негативных кристалликов. На долю твердых фаз приходится до 80–85% объема консерватов. В основном это анизотропные гинидиоморфные кристаллики, количество которых достигает 3–4. Изотропные минералы-узники занимают порядка 20–30% объема вакуолей. Они имеют неправильные очертания. Газовый пузырь, прижатый твердыми фазами к стенкам вакуолей, занимает 10–15% от объема включений. Жидкая фаза визуально не наблюдается, однако предполагается, что она присутствует в пространстве между зернами твердых фаз. В процессе нагревания в термокамере при 220–260°C сначала гомогенизируется газовая фаза. Растворение твердых фаз начинается при 380–390°C, а полная гомогенизация включений происходит при 800–830°C.

В гранате также отмечаются одиночные первичные кристаллофлюидные субизометрические объемистые включения. Они большей частью приурочены к центральной части кристалла. Граница вакуолей предельно четкая. Включения почти нацело состоят из твердых фаз. На долю газовой фазы приходится порядка 5–10% объема вакуолей. Твердые минералы-узники не имеют явной кристаллографической огранки. Изотропные твердые фазы большей частью имеют округлые и неправильные очертания, а анизотропные – вытянутые. Последние в скрещенных николях имеют яркую интерференционную окраску.

При нагревании этих включений в термокамере плавление изотропных твердых фаз начинается при 370°C, а полное их плавление происходит при 520–560°C. Газовая фаза гомогенизируется при 150°C. Анизотропные узники полностью плавятся при 860–870°C. Во многих случаях при 800–850°C в минерале образуются тонкие субмикроскопические трещинки и происходит расгерметизация вакуолей. При этом включения темлеют.

В целестине обнаружены многочисленные углекислотно-солевые многофазовые включения. Они мелкие, а форма их чаще вытянутая, полуграненная. Граница вакуолей четкая. На долю углекислоты приходится около 30% объема закупорок. При комнатной температуре в жидкой углекислоте газообразный углекислый газ испытывает непрерывное катическое движение. Частичная гомогенизация углекислоты происходит в жидкую фазу при 24–25°C. Твердые минералы-узники плоские, вытянутые, полуограненные. При одном николе они бесцветные, а при скрещенных николях имеют зеленый цвет. Твердые фазы занимают 40–45% объема включений, а на долю водного раствора приходится порядка 25–30%. При нагревании подавляющее большинство включений в целестине не достигнув температуры гомогенизации взрываются. В исключительных редких случаях они сохраняются до полной гомогенизации при 600–620°C.

Таким образом, не только апатит и гранат, но и целестин на Дункельдикском редкоземельно-флюоритовом рудопроявлении кристаллизовался при высоких температурах, близких к условиям магматического минералообразования.

Ф.З.Рафикова, В.Е.Минаев  
(МГУ, г. Москва, ИГ АН Таджикистана)

МНОГОФАЗОВЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПЕГМАТИТАХ  
(ВОСТОЧНЫЙ ПАМИР)

Пегматитовые проявления Кукуртского камнесамоцветного узла связаны с разновозрастными породами, входящими в состав различных гранитоидных комплексов. По возрасту различаются 2 группы пегматитов: молодые альпийские пегматиты и древние докембрийские пегматиты. Молодые пегматиты образуют жилы дифференцированного строения. В первичных полостях таких жил содержатся кристаллы горного хрусталя, мориона, турмалина, адуляра, берилла. Древние пегматиты образуют мощные жилы недифференцированного строения и на

содержат первичной камнесоцветной минерализации. В участках перекристаллизации и замещения в них наблюдаются вторичные полости, в которых отмечены кристаллы скаполита, дымчатого кварца, адуляра.

В минералах первой группы пегматитов исследованы флюидные включения следующих типов: 1 - двухфазовые газовой-жидкие включения (газ 30-80%, водный раствор 70-20%), 2 - многофазовые включения с 1 и более кристаллическими фазами (газ 30-40%, водный раствор 20-40%, твердые фазы 50-20%). Отмечено до 21 минералов-узника, различных по морфологии, оптическим и физическим свойствам, многие из которых обладают сильным двупреломлением. Установлено, что для каждого минерала характерна определенная микроминеральная ассоциация. Почти во всех включениях содержится углекислота.

Термометрические исследования в минералах первичных полостей показали температуру гомогенизации газовой-жидких включений в горном хрустале, морионе - 260-300°C, в адуляре - 300-320°C в амезоните - 240-270°C. В многофазовых включениях частичное растворение твердых фаз при температуре 200-400°C, плотность углекислоты во включениях равна 0,19-0,3 г/см<sup>3</sup>.

Исследование водных вытяжек показало, что в составе растворов доминируют катионы *Na* и *Ca*, в анионной части *Cl* и *HCO<sub>3</sub>*. Минералообразующие растворы характеризуются высокой концентрацией (общая концентрация до 80%) и значительным содержанием углекислоты.

В скаполите из вторичных полостей отмечены следующие разновидности включений: двухфазовые газовой-жидкие (газ 30-60%, водный раствор 70-40%); многофазовые с 1 и более кристаллическими фазами (газ 10-20%, водный раствор 10-30%, твердые фазы 80-50%). Часто во включениях присутствует углекислота.

Термометрические исследования показали температуру гомогенизации газовой-жидких включений порядка 400°C, частичное растворение твердых фаз от 200 до 400°C. Полная гомогенизация многофазовых включений происходит при температуре 400-500°C. Плотность углекислоты во включениях равна 0,19-0,3 г/см<sup>3</sup>.

Таким образом, результаты исследований показали, что включения в минералах из первичных и вторичных полостей отличаются между собой по составу, степени наполнения, соотношению фаз, температуре консервации. Каждый тип полости характеризуется качественным и количественным соотношением минералов-узников.

Наряду с традиционными методами изучения газовой-жидких включений, методы исследования минералов-узников также позволяют судить о химизме растворов, изменениях их состава, процесса минерализации в целом.

И.М.Наушко  
(ИГТИ АН Украины, г. Львов)

#### УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АКЦЕССОРНОГО БЕРИЛЛА В ЗОНАХ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ПЕГМАТИТОВ ЗАНОРЫШЕВОГО ТИПА УКРАИНЫ

Генетические особенности акцессорного берилла зон выщелачивания занорышевых пегматитов Волыни установлены по данным исследования включений флюидов в нем, онтогеническим наблюдениям и изучения минеральных парагенезисов.

Исследуемые кристаллы обычно имеют зональное строение, наблюдаемое в разрезах, перпендикулярных удлинению, и проявляющееся под микроскопом при окрашенных николях в виде чередующихся полос различной интерференционной окраски, иногда визуально фиксируемое зонами присыпок. Это явилось основанием для обоснованного выделения в них (по генетическим признакам) следующих типов флюидных включений: первичных (сушественно газовой и жидко-газовые с наполнением до 30%; газовой-жидкие с соотношением водного раствора и газовой пузырька 85 к 15), ранне- (разнонаполненные с минералами-узниками и -спутниками) и позднетеричных (сушественно газовой, часто с анизотропными минералами-спутниками; сушественно углекислотные и сложные включения CO<sub>2</sub>).

Анализ данных изучения включений показал, что температуры образования акцессорного берилла находятся в области 400°C. Рост большинства его кондиционных кристаллов, по-видимому, начинался в условиях уменьшения плотности водного флюида (Лебедев и др., 1978; Лебедев, 1980), о чем свидетельствует наличие первичных включений с низкой степенью наполнения. По включениям гетерогенного происхождения отмечаются частые случаи вскипания флюидов. Увеличению параметров критической точки бериллообразующих флюидов и возрастанию их способности к гетерогенизации особенно способствовала (Султанов и др., 1973) значительная концентрация в газовой фазе включений метана, достигающая 74 об.%.  
2-11

Сопоставление характера отчетливо зонального строения под-  
взорывавшей области (снизу — вверх: альбит ребристого строения без  
акцессорной минерализации; альбит ребристого строения с акцессор-  
ным бериллом в пустотах выщелачивания и по трещинам; зона альби-  
тизированного калишпата с кристаллами берилла среди глинистой  
массы; неизменная калишпатовая зона) и зональности, проявив-  
шейся в опытах по воссозданию общей схемы образования берилла на  
переднем фронте взаимодействия  $Be-F$ -содержащих растворов с  
щелочными полевыми шпатами (Бело, Диков, 1967), наряду с вывода-  
ми, основанными на результатах исследования флюидных включений,  
свидетельствуют о том, что акцессорный берилл формировался в по-  
добных с установленными экспериментально условиями при альбитиза-  
ции микроклина достаточно высокотемпературными растворами, содер-  
жащими фтор-бериллиявые комплексы и подтекающего в пегматиты  
(Каложный, Гиганвили, 1972) с низележащих толщ еще не раскристал-  
лизованного гранитного (пегматитового) расплава. Процесс выщела-  
чивания и частичного гидролиза полевых шпатов кюльми флюидами  
сопровождался накоплением в системе калия, увеличивая в целом  
ее щелочность. При этом в локальных частях разрушавшегося микро-  
клина при падении кислотности флюидов и возрастании роли щело-  
чей и осуществлялось образование кондиционных кристаллов акцессор-  
ного берилла. Созданию таких особых условий способствовало нали-  
чие прослоя существенно клевеландитового состава, отделяющего в  
типичных бериллоносных объектах зону выщелачивания от занорыше-  
вой области.

С.П. Коупов  
(ИГ г. Уфа)

#### ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ РУДНО-СОЛЕВЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МИНЕРАЛАХ СКАРНОВО-МАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

Во многих породе- и рудообразующих минералах: пироксенах,  
плагноклазах, скаполитах, сфенах, гранатах, апатитах и др. из  
метагаббро-гранитоидов, метасоматитов, скарнов и руд Магнитогор-  
ского и Мало-Куйбасовского месторождений обнаружены многофазовые  
расплавные рудно-солевые включения (РСВ) от 50–60 до 85–90% их  
объема, состоящие из преобладающего количества кристаллических  
хлоридов  $K, Na, Ca, Fe$  (галита, сильвина, гидрофилита, хлорокаль-  
цита, мелизита) и подчиненных им сульфатов и гидратов  $K, Na, Ca,$

$Mg, Fe, Al$ . Остальной объем включений заполнен рассолом и почти  
постоянно, до 5–15% объема, содержит магнетит; нередко присут-  
ствует небольшой (5–10%) газовый пузырек. Таким образом, прямо  
подтверждается бывшее существование процесса переноса железа во  
флюидах хлоридами щелочей, а также в форме хлоридов-железа (моли-  
бдата  $FeCl_3$ ). Большинство названных и других солей диагностирова-  
но оптически и дифрактометрией сухих остатков водных вытяжек.

Гомогенизация (плавление) включений осуществляется при тем-  
пературах от 550–700 до 1050–1100°C. В этом же интервале наблю-  
даются максимальные взрывания включений при декрепитации.

Аналогичные по составу и температурам гомогенизации расплав-  
ные рудно-солевые включения установлены в плагноклазах, ска-  
политах, гранатах и апатитах, Сарбайского, Гороблагодатского и  
Лебяжинского месторождений.

Особо отметим, что в скаполитах из пироксен-плагноклаз-ска-  
политовых метасоматитов Мало-Куйбасовского месторождения, вмеща-  
ющих титаномagnetитовые руды, обнаружены РСВ, состоящие только  
из преобладающих, преимущественно прозречных, кристаллических фаз  
(смеси) солей и черных каплевидных обособлений магнетита (5–20%  
объема). Нередко эти фазы находятся в комбинации с иголочками  
рутила и пластиночками ильменита. Соли, рутит и ильменит при  
нагревании начинают плавиться при температуре 800–820°C. Если  
на срез препарата выходят иголочки рутила, то в интервале 900–  
950°C расплав последнего интенсивно возгоняется. В бронирован-  
ных РСВ при длительном (5–6 ч) нагревании в интервале 900–1000°C  
осуществляют две несмешивающиеся расплавные фазы — светлая соле-  
вая и черная "магнетитовая". Гомогенизация их наступает при  
1020–1050°C.

В этом примере по Мало-Куйбасовскому месторождению важно  
отметить: а) аналогию каплевидного (ликвационного) состояния  
 $Fe_3O_4 (\pm TiO_2)$  в нагретых включениях скаполитов с сидеронито-  
выми выделениями магнетита в титаномagnetитовых рудах и во вмеща-  
ющих последние пироксен-скаполитовых метасоматитах; б) высокие  
температуры (1000–1050°C) начала формирования и метасоматитов  
и руд; в) фазит достижения при метасоматических процессах двуеди-  
ного состояния — новообразование в твердой среде кристаллов скапо-  
лита и сосуществование с ними (захват ими) капель магнетитооб-  
разующего раствора.

М.А. Лицарев, Н.И. Андрусенко  
(ИГЕМ РАН, г. Москва), Н.В. Бердников  
(ИГиГ ДВО РАН, г. Хабаровск), Б.А. Дороговин  
(ВНИИСИМС, г. Александров)

#### ПАРАМЕТРЫ ОБРАЗОВАНИЯ ФЛОГОПИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛДАНА, ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ, ЮГО-ЗАПАДНОГО ПАМИРА

Были исследованы включения минералообразующих сред в минералах скарновых парагенезисов 22 флогопитовых месторождений методами термометрии и криометрии, наиболее подробно в двух главных минералах — диопсиде и апатите, входящих в состав разновременных флогопитсодержащих минеральных ассоциаций, а также в сопутствующих минералах — форстерите, паргасите, шпинели, скаполите, гналофане и более поздних — датолите, тремолите, клиногумите, кальците. В флогопите при самых тщательных поисках флюидные включения наблюдались крайне редко. Во всех исследованных минералах (кроме поздних) наиболее распространенными оказались сложные кристаллофлюидные включения от полностью твердофазных с неразличимым флюидом до включений с заметным, четко обособленным флюидом водно-солевого или водно-углекислого состава, чаще без газовой фазы. Менее распространены флюидные включения с малым содержанием твердых фаз, полностью жидкие, газовые и газовой-жидкие. Последние характерны для поздних минеральных ассоциаций, но в малых количествах в виде вторичных присутствуют наряду с первичными кристаллофлюидными и в ранних минералах высокотемпературных ассоциаций. Полученные результаты термо-криометрических исследований подтверждают и уточняют ранее бытующие представления, базирующиеся на геолого-минералогических данных, о последовательной смене во времени ранних скарновых парагенезисов, сформированных в условиях самых высоких температур (магматическая стадия), все более поздними парагенезисами, формировавшимися при общем понижении температур (послемагматическая стадия). Наиболее ранние скарны без флогопита (шпинель-пироксеновые, шпинель-диопсид-форстеритовые) образованы при температуре 1080–760°C из бедного летучими флюидами с каплями магматического расплава. Ранние флогопитсодержащие скарны (Алдан и Памир) диопсид-паргасит-форстеритовых фаций сформированы из водно-солевых флюидов высочайших концентраций ( $T = 780\text{--}520^\circ\text{C}$ ,  $P = 3,3\text{--}3,0$  кбар) с участием на конечных стадиях водно-солевых и водно-углекислых растворов более низких концентраций и температур ( $T = 460\text{--}220^\circ\text{C}$ ) с признаками их вскипания. Высоко-

среднетемпературные ( $T = 700\text{--}320^\circ\text{C}$ ) апатит-скаполит-паргасит-флогопитовые парагенезисы оекущих жил Слюдянки сформированы на ранних стадиях процесса в условиях значительных давлений ( $P = 3,7\text{--}2,2$  кбар), о чем свидетельствует наличие включений высокоплотной углекислоты в апатите. К концу процесса минералообразования в газовой фазе флюидов преобладает малоплотная углекислота с примесью азота и углеводородов, а жидкая часть представлена либо несмешивающейся эмульсией  $\text{CO}_2\text{--H}_2\text{O}$ , либо смесью растворов водно-солевых с водно-углекислыми ( $T = 315\text{--}250^\circ\text{C}$ ) умеренных концентраций. Параметры образования поздних флогопитоносных ассоциаций (клиногумит, кальцит, датолит, гналофан) еще более наглядно свидетельствуют о снижении концентрации и усилении водно-углекислого профиля минералообразующих растворов на фоне их понижающейся температуры ( $420\text{--}180^\circ\text{C}$ ). В самом флогопите кристаллофлюидные включения не установлены, а зафиксированные единичные аномальные флюидные включения (с содержанием газа 60 и более процентов) мгновенно нарушались при нагреве. Поэтому о  $P\text{--}T$  параметрах флогопитообразования можно судить по ТБГХ данным для синхронных минералов соответствующих парагенезисов.

В.С. Карпухина, Э.Н. Баранов  
(ГЕОХИ РАН, г. Москва)

#### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Термобарогеохимические исследования выполнены на 6 медно-цинковых колчеданных месторождениях Южного Урала: Узельгинском, Чебачьем, Молодежном, Талганском, Западно-Озерном и Подольском.

Изучение флюидных включений (ФВ) проводилось в объеме рудообразующих систем месторождений, что позволяло построить модели их палеотемпературной зональности. В подрудных метасоматитах установлены локальные крутопадающие зоны высоких температур гомогенизации ( $T_g$ ) —  $250\text{--}370^\circ\text{C}$ , фиксирующие центральные части рудоподводящих каналов. На флангах  $T_g$  уменьшаются до  $190\text{--}140^\circ\text{C}$ . Локальные поля высоких  $T_g$  (до  $250\text{--}330^\circ\text{C}$ ) выявлены в перекрывающих породах.  $T_g$  в рудах изменяются в зависимости от их текстурно-структурных особенностей. Относительно низкие  $T_g$  ( $130\text{--}190^\circ\text{C}$ ) свойственны тонкозернистым полосчато-слоистым и колломорфным ру-

дам, независимо от их состава. В перекристаллизованных сравнительно крупнозернистых рудах Tg возрастают до 160–275°C и достигают максимальных значений – 340–360°C в наложенных прожилковидных выделениях сульфидов.

На Узельгинском, Чебачьем, Западно-Озерном месторождениях в зонах рудоподводящих каналов установлены признаки выкипания гидротермальных растворов – наряду с преобладающими двухфазовыми газово-жидкими включениями, фиксируются трехфазовые углекислотно-водные и жидкогазовые углекислотные включения. Величины давлений по включениям с углекислотой составляют 1,2–0,5 кбар.

По данным криометрических исследований по солевому составу выделено 4 типа флюидов: 1)  $KCl$ ; 2)  $NaCl$  и  $NaCl + KCl$ ; 3)  $CaCl_2 + NaCl$ ; 4)  $Na_2SO_4$ ,  $MgSO_4$  и (или)  $KHCO_3$ . Концентрации солей в первых двух типах растворов составляют 3–12, в  $Ca-Na$  – 22–23 мас. % экв.  $NaCl$ , наиболее низкая соленость – до 5 мас. % экв.  $NaCl$  – в сульфатных, бикарбонатных растворах. В рудах преобладают растворы калиевого типа, в метасоматитах –  $K$ ,  $Na-K$  и  $Na$  типов, при этом  $Na$  и  $K-Na$  растворы фиксируются во ФВ фланговых зон.  $Ca-Na$  тип растворов установлен только в подрудных метасоматитах Чебачьего месторождения. Флюиды сульфатного, бикарбонатного состава распространены в метасоматитах непосредственно под рудными телами и в верхних частях тел.

Концентрация меди во ФВ руд и подрудных метасоматитах Узельгинского и Чебачьего месторождений составляет 0,2–1,2 г/л.

Полученные физико-химические параметры в комплексе с геологическими, геохимическими и изотопными данными использованы для построения геолого-генетической модели колчеданных месторождений уральского типа. Пространственно-временная дифференциация параметров флюидов согласуется с конвективной моделью колчеданообразования. Подтверждается установленное по изотопным данным участие морской воды в составе флюидов и ее смешение с восходящими высоко температурными флюидами существенно калиевого состава. Отсутствие концентрированного рудотолжения в зонах гетерогенизации флюидов указывает на то, что выкипание гидротерм не оказало существенного влияния на колчеданное рудоотложение. Связь тектурно-структурных особенностей руд и Tg согласуется с пульсационно-прерывистой моделью гидротермально-осадочного рудоотложения и свидетельствует, что гидротермально-осадочные руды после их отложения и диагенеза преобразовывались последующими высокотемпературными гидротермами.

Установленные физико-химические параметры колчеданного рудообразования близки к параметрам современных гидротерм, отлагающих сульфидные руды в океане.

С.Ш. Юсупов, А.Ч. Бурдаков,  
О.Т. Серебрякова  
(ИГ, г. Уфа)

#### РТ-УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАСОМАТИТОВ И КОЛЧЕДАНЫХ РУД ТАШТАУСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Месторождение Таштау, связанное с Бакрауской вулканопостройкой и контролируемое разрывными нарушениями, отличается сильными метасоматическими изменениями вулканогенных пород. Последние, на глубинах 90–500 м превращены в кварциты, серицит-кварцевые, хлорит-кварцевые и другие метасоматиты с сульфидацией, а глубже (500–1015 м) гранитизированы с развитием калишпат-кварц-амфибол-эпидотовых ( $\pm$  серицит, хлорит, тальк, гидрогранат и др.) метасоматитов и пегматитов, переходящих в полнокристаллические плагиограниты.

В сульфидных массивных, прожилковых и вкрапленных руд ореола метасоматитов минерографических установлены многочисленные признаки образования в условиях повышенных температур. Широко распространены: а) структуры распада сфелерит (Сф II)–халькопиритового (Ха II) твердого раствора и звездчатые выделения Сф II в поле Ха II, возникшие при перекристаллизации их первично колломорфных выделений и "цементной" компоненты (Сф I и Ха I) в фрейдондах пирита; как известно (Бургар 1934, Сутаки, 1952), гомогенизация этих фаз достигается при  $T = 600\text{--}480^\circ\text{C}$  (в наших опытах при  $600\text{--}520^\circ\text{C}$ ), а распад при  $470\text{--}300^\circ\text{C}$ ; б) структуры распада халькопирит–борнитового твердого раствора, гомогенизация которого, по разным источникам, происходит в интервале  $550\text{--}300^\circ\text{C}$ , а распад – при  $300\text{--}150^\circ\text{C}$ ; в) кубическая модификация Ха оптически выявляемая при двойниковании в 2–3 направлениях и подтвержденная дифрактометрией порошков; инверсия тетрагонального Ха в кубический протекает в интервале  $350\text{--}550^\circ\text{C}$  (Филимонова, 1964); г) галенит (Гл)–Ха и Гл–Ха–Сф сростания; эти формы Крейгом и Куллерудом (1968) получены в системе  $Cu-Pb-S$  выше  $486^\circ\text{C}$ ; д) пирротин (Пн)–Ха сростание, наблюдаемое в виде включений в пиритах П–Ш; по Хевиту (1938) и Сутаки (1957) они гомогенизируются при  $600\text{--}530^\circ\text{C}$ , распадаются при  $300\text{--}200^\circ\text{C}$ .

Флюидные включения в минералах изучались методами гомогенизации, декрепитации и криометрии.

Кварцы содержат включения трех типов: а) первичные газос-жидкие (ГЖВ) с объемом Г 25-50%, Ж 50-70%, иногда галит 5-7%; гомогенизируют при 300-450°C, давление оценено в 110-400 атм; б) вторичные ГЖВ с Г 5-15%, Ж 85-95% и  $T_{\text{гом}}$  100-210°C; в) многофазовые включения, 50-70% объема которых занимают сульфиды (СЖВ), реже олоды и смесь солей, 5-15% Г и 15-30% Ж; они многочисленны, мелкие (10-3 мкм) и ассоциируют с ГЖВ (п.а). Различать фазы удается лишь в комбинационном (отражающий + проходящий) свете при увеличении 800-2000 $\times$  в иммерсии; наблюдать же гомогенизацию, из-за непрозрачности и полного внутреннего отражения фаз, пока не удается. Декрепитация включений: от 100 до 250-300°C - слабая, от 300 до 450-500°C - весьма интенсивная, 500-570°C - слабая. Декрепитация ГЖВ в кальцитах и баритах идет при 100-420°C.

Декрепитация включений в пиритах: в интервале 200-300°C слабая или отсутствует, от 300-350 до 550-580°C - весьма интенсивная, в интервале 580-620°C - слабая; в халькопиритах: в интервалах 100-240°C - едничные взрывания, 240-400°C - интенсивные, 400-600°C - слабые.

Выводы: 1. Полученные данные и по геотермометрам и по флюидным включениям в минералах показывают, что и формирование метасоматитов и колчеданного оруденения наиболее интенсивно происходило при температуре от 300-350 до 580-600°C и Р 110-400 атм (и более). 2. Сульфидоаккумулятивные (СЖВ) включения, выявленные нами в кварцах Таш-Тауского, а также других колчеданных месторождений (Сидай, Блява, Муртыкты) Урала, заслуживают дальнейшего детального изучения.

А.И.Гребнев (ИГТ УрО РАН, г.Екатеринбург),  
В.С.Карпухина (ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Медно-порфировые месторождения рассматриваемой части Урала представлены Вознесенским, Салаватским в Тагильо-Магнитогорском прогибе и Тарутинским, Михеевским в Восточно-Уральском прогибе. Важной общей их особенностью является отсутствие относительно высокотемпературной калишпатовой стадии метасоматизма при соответ-

ствии месторождений "диоритовой" модели медно-порфировых рудно-магматических систем.

Формирование метасоматических ореолов кислотного выщелачивания филлизитового типа (олода + кварц  $\pm$  карбонат, пирит) завершается отановлением прожилковых систем обычно в последовательности: силикатные - сульфидно-кварцевые ( $\pm$  карбонат) - сульфидные - безрудные кварцевые и карбонатные.

Карбонат-силикатно-кварцевые метасоматиты по кальцит-доломитовому геотермометру образуются при температуре 270-300°C и давлении 0,3-0,8 кбар. Этой температуре не противоречат определения по другим минеральным геотермометрам. Так, серицит представлен ассоциацией полиморфных модификаций 2M<sub>1</sub> и 1M, что, по экспериментальным данным, свидетельствует о завершении его образования при температуре 280-330°C. Соотношение октаэдрического и тетраэдрического алюминия в хлорите, присутствующего обычно во всех зонах ореола, соответствует температуре 220-310°C.

Температуры гомогенизации газос-жидких включений в кварце и карбонате дорудных силикатосодержащих прожилков, находящихся на периферии рудных полей, составляет 160-246°C. Кварц из молибденит-кварцевых прожилков Вознесенского и Тарутинского месторождений содержит включения, гомогенизирующиеся при температурах 161-197 и 212-294°C. Халькопиритсодержащие кварцевые прожилки характеризуются гомогенизацией включений (в кварце) в интервалах 195-201 и 223-282°C (в отдельных случаях до 343°C). В более поздних пирит-кварцевых и кварцевых прожилках температура гомогенизации включений в кварце составляет 170-207°C и 193-252°C (в отдельных включениях до 270°C), т.е. верхний предел несколько ниже, чем в рудных прожилках. Во всех прожилках с сульфидами в кварце иногда встречаются включения с углекислотой, что наиболее характерно для скарново-медно-порфирового Тарутинского месторождения. Карбонатсодержащим пирит-кварцевым прожилкам свойственны примерно те же интервалы гомогенизации включений. Значительно ниже этот параметр в пирит-карбонатных и послерудных карбонатных прожилках - 157-209°C. Верхние значения температуры вакуумной декрепитации кварца и карбоната несколько выше приведенных, но тенденции их понижения от рудных прожилков к последним охраняется.

Оценка температуры по распределению кобальта в сосуществующих пиритах и халькопиритах (180-290°C) подтверждает относительно низкотемпературность условий минералообразования рассматриваемых месторождений.

А.Р.Литвинович, Н.Н.Павлунь,  
А.И.Костанко  
(ЛГУ, г. Львов)

ФИЗИКО-ЗЕМЛЕЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ  
ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЧАДАКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ  
(по данным термометрии и барометрии) (Узбекистан)

Чадакское рудное поле размещено в юго-западном крыле Чалак-Чаркасарской антиклинальной структуры, сложившем эффузивно-оолитовых образованиях андезит-диабазовой и трахиандезит-липаритовой формации. Дизъюнктивные структуры широко распространены на площади поля, что оправдывает блоковый его характер. Симптоматично, что в пределах зон размещения месторождений и рудопроявлений развиты дайковые комплексы СВВ и СВ простирания. Дайки представлены кварцевыми порфирами и по возрасту к оруденению они соотносятся как дорудные, синрудные и пострудные. Все известные месторождения и рудопроявления рудного поля приурочены к узким гидротермально измененным полосам вдоль субмеридиональных дизъюнктивных структур. До последнего времени их относили к малоглубинным формированиям. На наиболее крупном месторождении выделяется три этапа минерализации: гидротермально-метасоматический, метасоматический и гидротермальный, которые последовательно (по времени) сменяют друг друга. В первом и последнем этапах отмечены следующие продуктивные парагенетические ассоциации минералов: - золото (электрум)-карбонат-адуляр-кварцевая (в гидротермально-метасоматическом) и золото-полисульфидно-сульфосолюно-кварцевая (в гидротермальном). Кварцы этих ассоциаций были изучены методом гомогенизации.

В ходе исследований установлено, что первая продуктивная и золото (электрум)-карбонат-адуляр-кварцевая парагенетическая ассоциация формировалась из гетерогенных растворов с доминированием гомогенной фазы (гетерогенизация объясняется частичным вскипанием раствора), с общим интервалом температур 375-190°C. Формирование непосредственно золоторудной минерализации происходило при температурах 280-180°C при давлении 350-180 бар. Формирование золотого оруденения во второй продуктивной золото-полисульфидно-сульфосолюно-кварцевой парагенетической ассоциации минералов происходило при температуре 260-180°C и давлении 800-450 бар из гетерогенных (вследствие вскипания) растворов.

Если допустить с известной долей условности, что полученные значения гидростатического давления не превышали литостатического давления пород синрудной кровли (в противном случае мог иметь место фреатический выброс), то можно говорить о довольно значительных глубинных формированиях месторождения: до 1400 м для золото-адуляр-кварцевой ассоциации и до 2500 м для полисульфидно-сульфосолюно-кварцевой. Не претендуя на точность диагностики глубин, их порядок адекватен реальным условиям, а это позволяет усомниться в малоглубинной природе исследованных золото-серебряных объектов.

А.Е.Кабо, В.С.Полыковский, И.Т.Тенглашев,  
А.Т.Тусметов, Н.А.Иванова, Л.Ю.Самолдина  
(ПГО "Ташкентгеология", г.Ташкент)

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СЕРЕБРО-АРСЕНИДНОГО  
ОРУДЕНЕНИЯ ПЯТИЭЛЕМЕНТНОЙ ФОРМАЦИИ  
(на примере Актептинского рудного поля в Кураминском хребте)

Актептинское рудное поле расположено в северо-восточной части Кураминского хребта, в блоке между Кумбальским и Джулайсайским разломами. Приурочено к крупному (3,6 x 3,4 км) интрузивному массиву габброидов овальной формы, рассеченному многочисленными северо-западными и субширотными трещинами, выполненными кальцитом, сидеритом и сложной поликомпонентной рудной минерализацией (самородными серебром, мышьяком и висмутом, арсенидами никеля, кобальта и железа и др.).

Были исследованы карбонаты (кальцит и сидерит), отобранные с поверхности, из подземных горных выработок и из керна окважин на участках Тогры и Западный. Всего было изучено 764 газово-жидких включения в 47 пробах. Определение фазового состава и температур гомогенизации включений проводились на приполированных с двух сторон пластинках толщиной 0,1-0,12 мм в термокамере модели "Вимо" с применением микрокопов ПОЛАМ-2ГЗ-д, Janaval, Labre Lux, обеспечивающих увеличение от 250<sup>x</sup> до 2500<sup>x</sup>.

Проведенными исследованиями выделены две фазы температурных режимов гидротермалитов Актепе. Первая фаза характеризуется средними температурами гомогенизации в интервале 253-219° при максимуме интенсивности процесса - при 232°. Особенностью растворов этой фазы является их повышенная насыщенность газовыми компонен-

тами ( $\Gamma_{35-41}$ : $\mathbb{K}_{59-65}$ ). Второй фазе свойственны более низкие температуры в интервале от  $219$  до  $31^{\circ}$  и пониженная газонасыщенность ( $\Gamma_{8-31}$ : $\mathbb{K}_{69-92}$ ). В пределах второй фазы выделяются две подфазы, фиксируемые в интервалах температур  $219-163^{\circ}$  и  $163-31^{\circ}\text{C}$ .

Установлено, что низко-среднетемпературные гидротермалиты второй фазы являются рудоносными. Отмечено, что пробы с наиболее высокими содержаниями серебра (от  $100$  г/т до  $22$  кг/т) гомогенизируются в интервале температур  $210-100^{\circ}$ .

Проявления гидротермального процесса в вертикальном разрезе месторождения характеризуются следующими особенностями. Гидротермалиты первой фазы ( $253-219^{\circ}\text{C}$ ) установлены очень локально в пределах участка Тогры на уровне абсолютных отметок  $1900-1930$  м. При увеличении глубины данной фазе растворов были свойственны резкие снижения интенсивности, особенно при  $219^{\circ}\text{C}$ .

Гидротермалитам второй фазы свойственно общее усиление интенсивности по мере перехода от участков, расположенных на абсолютных отметках  $1972-1980$  м, к участкам на отметках  $1900-1880-1820-1805-1773$  м.

Изучение зависимости между температурами гидротермальных растворов и степенью их сереброносности позволило установить следующее. Растворы, которым были свойственны низкие содержания серебра (от  $0,1$  до  $10$  г/т) достигают наибольшей интенсивности в интервале температур  $163-31^{\circ}\text{C}$  (при максимуме -  $113^{\circ}\text{C}$ ). Для растворов, содержащих серебро от  $10,0$  до  $300$  г/т, повышенная интенсивность проявилась в интервале температур  $163-50^{\circ}\text{C}$  с максимумом при  $86^{\circ}\text{C}$ . Кроме того, два дополнительных максимума были прослежены при  $187$  и  $232^{\circ}\text{C}$  в температурном интервале  $253-163^{\circ}\text{C}$ .

Для наиболее богатых проб с содержанием серебра от  $500$  до  $25000$  г/т основной интервал повышенной интенсивности находится в пределах  $219-163^{\circ}\text{C}$  при максимуме  $187^{\circ}\text{C}$ .

Наряду с термобарогеохимическими определениями методами фазового состава и температур гомогенизации, были проведены термометрические исследования методом акустической декрепитации. Анализировались 22 сереброносные валовые пробы вмещающих пород участка Тогры и 9 проб минеральных кальцитов того же участка. Для декрепитометрических определений был использован декрепитометр модели "Дуф". Проведенные исследования позволили установить, что средняя декрепитоактивность кальцита из проб с содержаниями серебра до  $100$  г/т составляет  $28\ 585$  импульсов, с содержанием от  $100$  до

$100$  г/т -  $48\ 282$  импульсов, с содержаниями более  $1000$  г/т -  $93\ 500$  импульсов. Для валовых проб отмечено сходная картина: пробы с содержаниями серебра до  $100$  г/т характеризуются средней декрепитоактивностью  $314$  импульсов, с содержаниями от  $100$  до  $1000$  г/т -  $3032$  импульса, а для проб с содержаниями более  $1000$  г/т -  $9783$  импульса. Анализ этих данных свидетельствует о том, что с повышением концентраций серебра как в мономинеральном кальците, так и в валовых пробах декрепитоактивность имеет постоянную хорошо выдержанную тенденцию к увеличению.

Результаты, полученные при термометрических исследованиях, являются опорными для изученного рудного поля и могут быть использованы при поисках здесь скрытого серебряного оруденения.

А.Р.Файзинов, Ф.Ш.Искандаров  
(Таджикский университет, г.Душанбе)

#### ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ФЛЮОРИТА В ДУНКЕЛЬДИНКОМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНО-ФЛЮОРИТОВОМ РУДОПРОЯВЛЕНИИ (ВОСТОЧНЫЙ ПАМИР)

Дункельдинское рудопроявление расположено в пределах одноименного блока Рушанско-Пшартской зоны Восточного Памира и приурочено к глубинному разлому, отделяющему его от Центрального Памира. Вмещающими рудопроявление породами являются терригенные отложения пермо-триаса, прорванные калиевыми щелочными породами неогенового возраста.

Флюорит на рудопроявлении является минералом, который встречается почти во всех минеральных парагенетических ассоциациях. Он находится как акцессорный минерал щелочных пород (сиенитов, сиенит-порфиров), является существенной частью карбонатитовых тел, встречается в целестиновых и ангидритовых жилах и жилкообразных телах, в скарноидах, эксплозивных и эруптивных брекчиях. Но основное количество плавикового шпата сосредоточено в штокообразных телах, многочисленных жилах, прожилках и гнездах преимущественно флюоритового состава, содержащих также карбонаты, окислы, сульфиды, сульфаты, фосфаты и силикаты.

Во флюорите широко развиты эпигенетические и реже сингенетические включения минералообразующей среды. Размер включений  $0,005-0,8$  мм. Форма их изометрическая в виде отрицательных кристал-

ликов. Реже они округлые, удлинённые и каплевидные. При комнатной температуре граница раздела первичных включений и минерал-хозяина в большинстве случаев неразличима, т.е. показатель преломления консерватов близко к флюориту:

В акцессорном флюорите из сиенитов и сиенит-порфиров включения многофазовые, кристаллофлюидные с газовой фазой. Полная их гомогенизация наступает при 840–860°C в расплав.

Включения во флюорите из карбонатитов также кристаллофлюидные, в которых присутствуют до 7 твёрдых фаз: газовый пузырек и водный раствор. Гомогенизация их происходит в пределах температур 610–700°C.

Во флюорите из скарноидов обнаружены два типа первичных включений. Первая группа консерватов – это трехфазовые включения с твёрдой анизотропной фазой. Другая группа представлена многофазовыми кристаллофлюидными включениями с 5–6 твёрдыми фазами. Гомогенизация как первого, так и второго типов включений совершается в интервале температур 800–840°C.

Весьма богатый аналитический материал по гомогенизации флюидных включений получен для флюорита из флюоритовых, флюорит-апатит-гранатовых, флюорит-кальцит-целестин-сульфидных и других жил и прожилков. В нем развиты кристаллофлюидные включения с газовой фазой и многочисленными анизотропными и изотропными кристалликами-узниками. Полная гомогенизация включений во флюорите из подавляющего большинства жил и прожилков происходит в широком диапазоне температур 550–870°C. Во флюорите одной из жил были обнаружены полукристаллизованные каплевидные включения с 8–10 анизотропными и 2–3 изотропными фазами. Расплавление твёрдых фаз в этих включениях начинается при 600–625°C и завершается при 960–1000°C. При этом включения превращаются в жидкий расплав, который при медленном остывании образует агрегат из твёрдых фаз, причём более крупнокристаллический, чем первоначальный. На рудопроявлении в жилах обнаружен также флюорит с газовой-жидкими включениями, содержащими 2–4 твёрдые фазы. Гомогенизируются эти включения в жидкую фазу при 450–495°C.

Вторичные включения во флюорите всех исследований образцов двухфазовые газовой-жидкие с четкими границами вакуолей. Гомогенизация их происходит в жидкую фазу при 240–300°C.

Криометрические исследования первичных кристаллофлюидных включений показывают, что в составе рудообразующих флюидов значительная роль принадлежит галоидам, карбонатам и сульфатам щелоч-

ных и шалочноеземельных элементов, концентрация которых оценивается в 75–90 вес.%; концентрация солей водных растворов включений составляет 28–60 вес.%.  
58

Давление в период образования плавиковошатового оборудования оценивается в 220–290 атм.

Агрегатное состояние включений минералообразующих флюидов и температуры их гомогенизации свидетельствуют о формировании руд главным образом из галоидно-карбонатного магматического расплава. В заключительных стадиях становления минеральных комплексов рудопроявления участвовали и высокотемпературные гидротермальные растворы.

Редкоземельно-флюоритовые рудопроявления Восточного Памира, в том числе и Дункельдыкское, активно изучавшиеся в последние годы – это новый перспективный тип минерализации в регионе, который может расширить минерально-сырьевую базу Таджикистана.

В. Округин, В. Гусева, В. Игнатич,  
Р. Шувалов  
(ИВ ДФЗ РАН г. Петропавловск-Камчатский),  
П. Ф. Леттанш  
(Флорентийский университет, г. Флоренция)

#### ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КАМЧАТКИ

Эпитермальные месторождения золото-серебряной формации Камчатки приурочены к долгожившим вулканогенно-рудным центрам миоцен-четвертичного возраста. В геологическом строении таких центров принимают участие вулканогенные, вулканогенно-осадочные отложения основного, среднего и кислого состава, интродуцированные разнообразными по форме, размерам и составу магматическими породами, относящаяся к единому вулканоплутоническому комплексу. Современным выражением активности вулканогенно-рудных центров является наличие действующих вулканов и геотермальных систем, в которых в настоящее время продолжается отложение разнообразных минералов, в том числе сульфидов и самородных металлов. Рудные тела предосталены штокверково-жилными зонами с мощностью отдельных наиболее крупных жил до 5–20 м. Все многообразие рудных и жильных минералов можно объединить в два продуктивных комплекса: сульфидно-полиметаллический и малосульфидный (золото-кварц-карбонатный).

Рудные минералы – сульфиды, сульфосоли серебра, селена, теллура; самородные – золото, серебро, цинк, теллур, алюминий, железо; жильные – кварц, карбонаты (от кальцита до родохрозита), адуляр, хлорит, серицит, адулит. Отличительной особенностью минералов, слагающих руды, является их крайне неоднородное строение как по составу, так и микростроению, широкое развитие мышьяковистого (до 6,0–11,0%) пирита, высокомарганцовистого с повышенными содержаниями железа, кальция и индия сфалерита, бариевого адуляра. Концентрация золота в пределах отдельных выделений самородного золота меняется от 42,0 до 89,0 и более % вес.

Флюидные включения изучались методами гомогенизации, криометрии, вакуумной декрепитации с хроматографическим окончанием. Установлены одно-, двух- и многофазовые включения с размерами от 1–2 до 20–30 мк в кварце, кальците и сфалерите. Объем газовой фазы меняется от 90 до 5% с плотностью до 5–7%. В ряде включений установлен галит, уголекислота.

Формирование продуктивных парагенезисов происходило в приповерхностных условиях, сопровождалось вскипанием, гидротермальными взрывами, брекчированием, оспилацией и реванацией при температурах 350–90°C. Современный облик рудных тел обусловлен как оловобным жильным выполнением, так и метасоматическим замещением как из истинных, так и коллоидных растворов с участием главным образом мантийных серы, стронция и овинита.

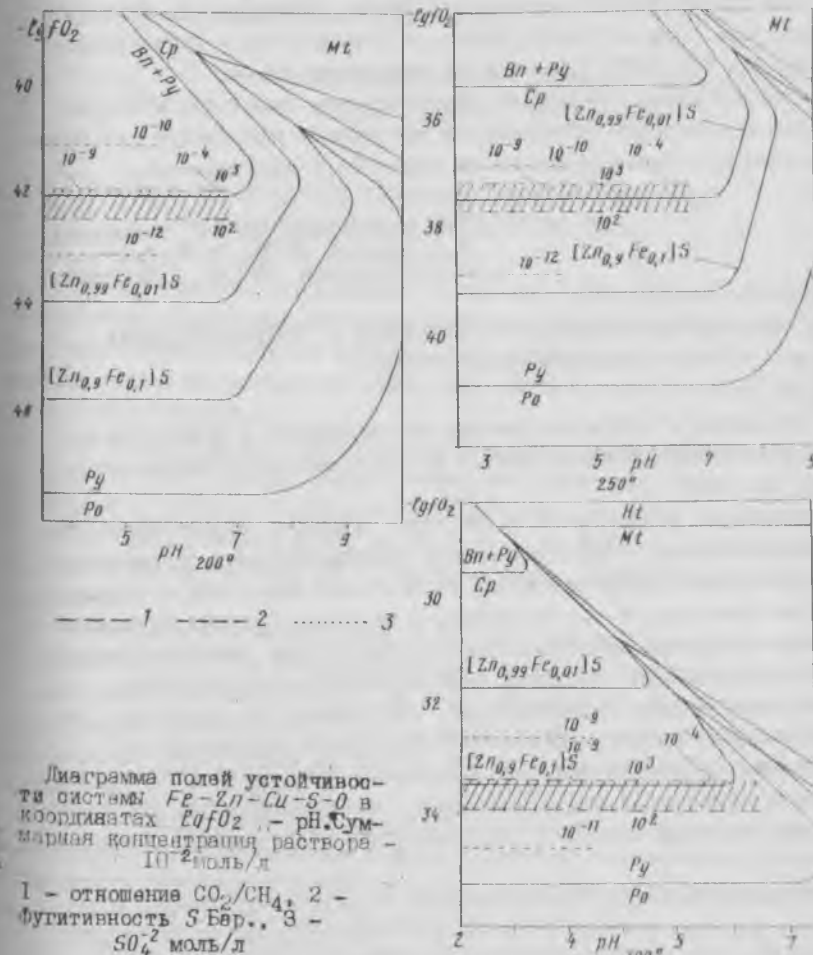
Ю.В. Васюта, Л.И. Бочек  
(ЦИНГРИ, г. Москва)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ СУЛЬФИДНЫХ РУД

На основании минералогических исследований образцов глубоководных сульфидных руд из районов САХ и ВТП выявлена отмеченная ранее минералогическая зональность сравнительно крупных гидротермальных построек. Она выражена в обогащении ее внутренних частей преимущественно медноколчеданной, а наружных – цинковоколчеданной минерализацией. Сфалерит внешних зон относится к медложелезистой разновидности, а внутренних – характеризуется концентрацией железа до 21%.

Водно-газовая фаза закрытых пор образцов разных частей пост-

роек содержит относительно большие количества CO<sub>2</sub> и малые углеводородных газов, отношение CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> составляет 10<sup>2</sup>–10<sup>3</sup>. Давление, при котором происходило отложение сульфидов, определяется давлением вышележащей толши воды и варьирует в пределах 20–40 МПа. Гидротермальные источники, характерные для данных полигонов, имеют температуру 200–300°C. Рассчитанная по отношению CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> фугитивность кислорода для данного интервала температур составляет 10<sup>-42,43</sup> + 10<sup>-33,37</sup> бар.



Проведенная с помощью диаграммы полей устойчивости системы  $Fe-Zn-Cu-S-O$  в координатах  $lgfO_2 - pH$  корреляция физико-химических параметров отложения сульфидных руд позволила выделить области устойчивости системы для каждой из наблюдаемых разновидностей сульфидной минерализации (рисунок).

Как оказалось, при температурах, равных и ниже  $200^{\circ}C$ , халькопирит практически не образуется, а при температурах  $250-300^{\circ}C$  он является преобладающей минеральной фазой. Сфалерит при низких температурах содержит мало железа, а при высоких — значительно; в интервале  $T \geq 300^{\circ}C$  сфалерит не кристаллизуется.

Следовательно, зональное распределение сульфидов в гидротермальной постройке определяется градиентом температур сульфидообразования, а также степенью ее развития и сохранностью.

Б.О. Манучарянц (ИМГРЭ, г. Москва),  
Н.А. Озерова (ИГЕМ, г. Москва),  
В.И. Павлуцкая (ГЕОХИ, г. Москва)

#### ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ СУРЬМЯНЫХ И РТУТНО-СУРЬМЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОЙ ФЕРГАНЫ

Сурьмяные и ртутно-сурьмяные месторождения с флюоритом в джаспероидах были сформированы в два металлогенетических этапа:  $S_2-P$  и  $Mz - Kz$ .

В первый, ранний этап образования наиболее ранняя флюоритовая минерализация, сопровождаемая редкометалльным оруденением в осевой части Туркестано-Алая, генетически связанная с гранитоидным магматизмом. В это же время, в пределах будущих сурьмяных и ртутно-сурьмяных месторождений сформировалась основная флюоритовая минерализация (лорущие джаспероиды-флюорит-кварцевые и флюорит-кальцитовые метасоматиты), являющиеся, по предположению В.И. Степанова, продуктами низкотемпературной грейзенизации.

Анализ распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в разновозрастных флюоритах свидетельствует, что формирование флюоритовой минерализации связано с внутрикоровым гранитоидным магматизмом.

Ранние флюориты, образовавшиеся до ртутно-сурьмяного оруденения, характеризуются повышенными температурами и давлениями ( $380-240^{\circ}C$ ;  $800-1500$  бар), более высокими содержаниями РЗЭ и концентрациями тяжелых РЗЭ по сравнению с поздними флюоритами

рудного этапа. Сурьмяное и ртутно-сурьмяное оруденение накладывается на флюорит-кварцевые и флюорит-кальцитовые метасоматиты и метаморфизованные карстовые осадки, выполненные этими метасоматитами. При формировании этого оруденения ( $T - 250-80^{\circ}C$ ;  $P - 1000-200$  бар) происходит вовлечение флюорита в рудный процесс и его пареотложение. В новообразованиях флюорита уменьшается суммарная концентрация РЗЭ и изменяется соотношение между ними в сторону увеличения суммы легких РЗЭ.

М.Л. Братусь, И.В. Литвин, А.В. Звезц  
(ИГТИ г. Львов, Днепровская ГТЭ  
г. Киев)

#### УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ В КИРОВОГРАДСКОМ БЛОКЕ УКРАИНСКОГО ШИТА

Рудопроявление расположено в юго-западном обрамлении Корсунь-Новомиргородского плутона среди пород ингуло-ингулецкой серии нижнепротерозойского возраста и связано с метасоматическими преобразованиями метаморфических пород и находящихся в них куполовидных тел гранитов.

Метасоматические преобразования пород и рудоотложение происходили из гетерогенных сильно насыщенных диоксидом углерода ( $CO_2$ ) растворов. Об этом свидетельствуют высокие объемные содержания  $CO_2$  в составе газовой фазы, наличие фазы жидкой  $CO_2$  во включениях и совместное нахождение их с газово-жидкими включениями водных растворов.

Температуры гомогенизации вторичных включений в кварце составляют  $370-350^{\circ}C$  и свидетельствуют, что метасоматические процессы начались при температурах не ниже приведенных. По криометрическим данным концентрации солей в минералообразующих растворах составляют от 17-14 вес.% на ранних этапах метасоматоза и снижаются до 3-2 вес.% на поздних.

По составу солей минералообразующие растворы являются гидрокарбонатно-калий-натриевыми и незначительным содержанием хлоридов. Содержание натрия и калия в растворах меняется и сопряжено с типом подвергнутых метасоматозу исходных пород.

Минералообразующие растворы при высоких давлениях (1,8-1,7 Кбар), температурах и концентрациях солей приводили к формированию в процессе метасоматоза зон с повышенным содержанием редких металлов.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ КАЛИЙНЫХ  
СОЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Термометрические исследования соленосных отложений Верхнекамского месторождения производится с целью изучения температурного режима как одного из определяющих параметров среды минералообразования. Наиболее пригодными и информативными для решения проблемы являются включения в галите, в частности, в перекристаллизованном галите. В нем выявлены первичные двух и трехфазовые включения, которые отражают перекристаллизацию солей в условиях повышенной температуры. Это жидкие, с кристалликом-узником сильвина или карналлита включения (двухфазовые), иногда с микрокапельками углеводов (трехфазовые).

Нами детально исследована калиеносная часть разреза, мощность которой составляет около 100 м. Она представлена чередованием пластов калийных солей и межпластовой каменной соли, где повсеместно встречается перекристаллизованный галит. При исследовании включений в перекристаллизованном галите выявилось закономерности в изменении состава твердой фазы во включениях по разрезу толщи, что отображает изменение состава рапы солеродного бассейна в процессе огушения. Так, в нижней части калиеносной толщи кристаллики-узники представлены сильвином. Выше по разрезу постепенно увеличивается количество включений с кристалликами-узниками карналлита и вверху толщи встречается исключительно карналлит.

При построении кривой, отражающей изменения температурных условий перекристаллизации калиеносной толщи в вертикальном разрезе, использованы средние значения температуры гомогенизации включений по образцам. При этом, по каждому образцу проводилось не менее 10 замеров.

В целом перекристаллизация солей всей калиеносной толщи происходила в интервале температур от 30 до 92°C, при среднем значении 53°C. В то же время, на основании анализа температурной кривой прослеживается цикличность в вертикальном разрезе толщи. Выделяется три цикла, каждый из которых характеризуется низкой температурой в начале цикла (40-48°C), повышенной (63-66°C) - в средней части и несколько пониженной (48-62°C) - в верхней части.

Наметились также различия по температуре гомогенизации включений в галите из калийных пластов и из межпластовой каменной соли. Средние их значения составляют соответственно 56 и 52°C. Как правило, температура гомогенизации включений в галите из кровли калийных пластов выше на 5-10°C по сравнению с подошвой пластов.

Интерес к изучению температурных условий перекристаллизации солей обусловлен острой дискусионностью этого вопроса в целом для всех древних калиеносных толщ. Установленные конкретные значения температуры перекристаллизации солей Верхнекамского месторождения, а также выявленные закономерности ее изменения в вертикальном разрезе толщи, кроме того, представляют практический интерес в связи с необходимостью прогноза минерального состава калийных солей при их добыче.

В.А.Каложный, Н.М.Сайко  
(ИГТИ АН Украины, г.Львов)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ  
МИНЕРАЛОВ КВАСОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЗАКАРПАТЬЕ)

Золото-серебряная минерализация в пределах Квасовского рудного поля (Береговский рудный район) связана с прожилковыми и другими формами выделения гидротермально-метасоматических образований среди вулканических пород. В зависимости от сохранности первичного минерального состава в вертикальном разрезе месторождения выделяются зоны: приповерхностная (безсульфидная) и глубинная (сульфидная). В первой (до глубины 100-120 м) сульфиды (пирит, офалерит, галенит) полностью разрушены под действием флюидов с участием метеорных вод; по сульфидам развиваются сульфатные соединения - барит и алунит. Прожилки преимущественно выполнены каолинитом с примесью барита, алунита, окислов железа. Включения в барите и алуните только однофазовые, жидкие.

Во второй (глубинной) зоне - гидротермальные прожилки имеют сульфидно-карбонатный или сульфидно-кварц-карбонатный состав с изменчивым содержанием других минералов (адуляр, барит и пр.). Включения в жильном кварце - ранневторичные, преимущественно выдержанного наполнения; наблюдаются случаи разнотемпературности сингенетических включений. Это позволяет приравнивать определяемые температуры гомогенизации к действительным. Максимальные  $T_{\text{гом}} = 270 \dots 300^\circ\text{C}$ . Заметна тенденция снижения  $T_{\text{гом}}$  с уменьшением глубины отбора образцов кварца определенной генерации. Наиболее низкие  $T_{\text{гом}} = 180 \dots 190^\circ\text{C}$ . Растворы высокотемпературных включений имеют относительно невысокие концентрации (2,5...6,4 мас.% по

*NaCl* экв.) и хлоридный состав с преобладанием ионов *Na*, *Ca*, *Mg* (температуры эвтектики находятся в пределах  $-34...-37^{\circ}\text{C}$ ). Включения в ранней генерации сфалерита гомогенизируются в жидкую фазу при  $190...210^{\circ}\text{C}$ ; в более позднем сфалерите обнаружены только однофазовые жидкие включения. Последовательность и условия кристаллизации исследованы на примере формирования ассоциации минералов в линзовидных полостях гидротермальных жил среди липаритовых конотуфов. Установлена последовательность образования минералов: адуляр, кварц, пирит, барит, футляровидный сидерит. Кварц представлен двумя генерациями: ранней и более поздней. На раннем этапе кристаллизации мелкозернистые адуляр и кварц образовались близко одновременно. К центру полости они развивались в хорошо ограниченные индивиды. Для адуляра характерна простая кристаллографическая форма с развитыми гранями (110), (001) и (110). Пирит - хорошо ограниченные кристаллы кубической и пентагондодекаэдрической формы. Массивные выделения барита перекрывают зону друзовидных кристаллов предыдущих минералов.

Установленная последовательность кристаллизации минералов свидетельствует об изменении физико-химических параметров гидротермального процесса. Температура и общая концентрация флюидов снижалась соответственно в пределах от 300 до  $100^{\circ}\text{C}$  и от 12,3 до 2,0 мас. % по *NaCl* экв. Калишпатизация (адуляризация) предшествовала рудообразованию и последующему этапу действия сульфатных растворов, проявившихся в условиях более или менее активной окислительной среды; овидетельством последнего является вертикальная зональность в распространении сульфидов и о ними связанной золото-серебряной минерализации.

А.Е.Николенко, В.А.Ковалевский, И.В.Попыняк,  
А.Е.Попов

(Львовский госуниверситет, ИГО "Восткавказ-геология")

#### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИЗЕК (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

Методами термобарогехимии установлено, что развитие минералообразующей палеосистемы Мизекского месторождения происходило дискретно от высокотемпературных конденсирующихся флюидов к низкотемпературным гидротермам, из трех последовательно функционировавших порций растворов, поступивших пульсационно в область локализации руд в течение трех стадий с образованием трех минеральных комплексов и входящих в их состав минеральных парагенетиче-

ских ассоциаций. Несмотря на относительно широкий общий температурный диапазон минералообразования ( $440-55^{\circ}\text{C}$ ), следы деятельности надкритических газовых растворов не обнаружены. Температурный режим и последовательность процесса минералообразования иллюстрируется с помощью следующей схемы:

#### А. Допродуктивный этап

1. Пирит-кварцевая стадия,  
пирит-кварцевая ассоциация.

#### Б. Продуктивный этап

2. Кварц-полусульфидная с золотом стадия ( $395-80^{\circ}\text{C}$ , 850-800 атм);  
кварц-пиритовая ассоциация ( $395-270^{\circ}\text{C}$ );  
сфалерит-галенитовая ассоциация ( $350-230^{\circ}\text{C}$ );  
кварц-халькопирит-теннантитовая с золотом ассоциация ( $275-175^{\circ}\text{C}$ );  
кварц-карбонатная (ранняя) ассоциация ( $220-80^{\circ}\text{C}$ );  
кварц-баритовая ассоциация ( $230-110^{\circ}\text{C}$ );  
барит-тетитовая с золотом ассоциация ( $180-90^{\circ}\text{C}$ ).

#### В. Послепродуктивный этап

3. Кварц-карбонатная стадия,  
кварц-карбонатная (поздняя) ассоциация ( $130-55^{\circ}\text{C}$ ).

В пользу пульсационного поступления рудных растворов свидетельствуют данные о скачкообразном характере изменения их состава и температуры, а также цикличность в последовательности кристаллизации минералов и парагенетических минеральных ассоциаций в течение каждой из приведенных стадий.

Выявленная цикличность формирования руд является отражением эволюции во времени кислотности-основности свойств последовательно поступающих порций растворов. С известной степенью приближения можно констатировать, что эволюция направлена в сторону относительного повышения щелочности к концу каждой стадии минералообразования.

Выделение общей массы полезного компонента определяется температурными рамками продуктивного минералообразования  $395-80^{\circ}\text{C}$ . Основная масса золота была отложена при температуре, превышающей  $250-180^{\circ}\text{C}$ , совместно с кварц-халькопирит-теннантитовой минеральной ассоциацией. Оптимальные температуры отложения золота  $210-200^{\circ}\text{C}$ . Есть основания предполагать, что при температуре  $210-180^{\circ}\text{C}$  поздними эманациями второй порции растворов золото могло

перестраиваться, концентрируясь на коллоидных агрегатах гетита. И.В.Попиняк не исключает возможность отложения нового зарождения золота (золото-б) на тех же углекислотно-волных растворах не путем перестроения, а в результате их фумарольной деятельности в приповерхностных условиях. Разработаны поисково-оценочные критерии золотого оруденения Мизековского рудного поля.

М.Л.Брагусь, Б.И.Грацишин, Н.М.Давиденко,  
Е.В.Черняев, Л.Н.Шихакова  
(ИГГТИ г.Львов, СВФ ЦНИГРИ г.Магалан,  
ЦНИГРИ г.Москва)

#### ПАРАМЕТРЫ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ НА ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КУБАКА

Кубакинское месторождение расположено на юго-западном фланге Атлантического рудного узла Омолонского массива. Месторождение относится к вулканогенным (близповерхностным) месторождениям с золотосеребряными убого-сульфидными рудами. Руда заключается в основном в адуляр-кварцевых жилах и в зонах прожилкования вокруг жил среди вмещающих метасоматически измененных пород различного состава.

Минералообразование имело многоэтапный характер, обусловленный неоднократными тектоническими подвижками, что приводило к интенсивной перекристаллизации ранее образованных парагенезисов.

Наиболее высокие температуры гомогенизации 300–290°C установлены для свободно растущих в полостях кварц-адуляровых жил кристалликов кварца и крупнокристаллического барита.

Жильные кварцы рудных тел обычно мелкозернистые и гомогенизация газово-жидких включений в них происходит при 190–130°C. Интенсивная карбонатизация на месторождении происходила при температурах 170–110°C.

Установлено, что особенность флюидного режима формирования месторождения Кубака является весьма высокие содержания метана в составе газовой фазы растворов на протяжении всего сложного и многоэтапного процесса рудообразования.

Растворы включений, формировавшие рудные тела, по составу солей являются гидрокарбонатно-калиевыми. Последние две особенности являются отличительной чертой месторождения Кубака по сравнению с другими месторождениями Северо-Востока России.

ХИМИЧЕСКИЙ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ  
В МИНЕРАЛАХ ПЕГМАТИТОВЫХ, СКАРНОВЫХ, ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ,  
МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ И ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

С.З.Смирнов, И.Т.Бакуменко (ИМИП СО  
РАН, г.Новосибирск),

Ф.Г.Рейф, Ю.М.Ишков (БИ СО РАН,  
г.Улан-Удэ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ФЛЮИДОВ НА ПОЗДНЕМАГМАТИЧЕСКОМ ЭТАПЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ

1. В ИМИП СО РАН предпринята попытка определить состав, свойства и РТ-параметры флюидов, отделяющихся из кипящих пегматитовых расплавов в субсолидусных условиях. С этой целью изучались флюидные и синхронные с ними расплавные включения в сотоях кварца. Образцы отобраны в высокотемпературных разновидностях камерных хрусталеносных (Кент), топазо-берилловых (Волнь) и миароловых бериллоносных остаточных пегматитов (Золотая гора).

2. Флюиды законсервированы в виде включений малоплотных двух- трех- и многофазовых углекислотно-водных растворов. После гомогенизации суммарная плотность флюида варьирует в пределах 0,32-0,42 г/см<sup>3</sup> (Кент), 0,38-0,48 г/см<sup>3</sup> (Волнь), 0,36-0,47 г/см<sup>3</sup> (Золотая гора). По синхронным расплавленным включениям определена температура захвата (605-620°C). При этом давление флюида составляет 0,8-1,2 кбар.

3. Состав позднемагматических флюидов определялся комплексом методов. Для изучения состава легколетучих компонентов раствора были использованы методы газовой хроматографии, криометрии и спектроскопии комбинационного рассеяния света (КР), существенно дополняющие друг друга. Кроме того, метод КР-спектроскопии позволил без вскрытия включений определить компоненты, которые в растворе присутствуют в крайне малом количестве. По данным хроматографии и криометрии ведущим компонентом среди летучих является вода. Второстепенные компоненты: CO<sub>2</sub>, CO и следы CH<sub>4</sub>. Углекислота составляет 12,1-17,9 мол.% в камерных топазо-берилловых пегматитах. В хрусталеносных камерных пегматитах доля CO<sub>2</sub> падает до 10,1 мол.%, а в миароловых повышается до 27,5-43,3 мол.%. Данные КР-спектроскопии показывают, что в углекислоте включений растворены N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>S. В отличие от хроматографического анализа спектр КР не содержит линий CO, не обнаружено значимых количеств HCl, HF

4. Для определения состава растворенных солевых компонентов и металлов применялись криометрический и лазерно-спектральный (ЛСА)

анализы. Сотовые включения содержат растворы NaCl и NaHCO<sub>3</sub>. В связи с трудностью определения точной температуры эвтектики раствора, состав солей определялся по характеру поведения фаз при охлаждении и нагревании, а также по оптическим и кристалломорфологическим признакам. Концентрация солей определялась на фазовой диаграмме NaCl-NaHCO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O по температурам растворения твердых фаз. Концентрация солей (вес.%) в гомогенном флюиде варьирует в следующих пределах:

|                    | Камерные |         | Миароловые   |
|--------------------|----------|---------|--------------|
|                    | Кент     | Волнь   | Золотая гора |
| NaCl               | 0,1-6,0  | 5,0-5,3 | 4,6-12,3     |
| NaHCO <sub>3</sub> | 2,5-4,5  | 3,8-4,0 | 0,0-1,2      |

5. Методом ЛСА определялось содержание металлов в растворах включений. Основными рудными компонентами, растворенными во включениях, являются Cu, Fe, Mn. Есть также примеси Ca, Mg, Ti. Концентрация металлов не превышает 1·10<sup>-1</sup> г/кг раствора. В среднем концентрации колеблются от 6·10<sup>-4</sup> до 9·10<sup>-2</sup> г/кг. Кроме упомянутых компонентов, в растворах бериллоносных миароловых и камерных топазо-берилловых пегматитов установлены качественно Al, Be и В (4,3·10<sup>-2</sup> г/кг). Наличие во включениях кристаллов твердых фаз резко повышает концентрацию металлов.

И.М.Наушко  
(ИГТИИ АН Украины, г.Львов)

### МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАМНЕСАМОЦВЕТНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ТОПАЗО-МОРИОНОВЫХ ПЕГМАТИТОВ ВОЛЫЧИ (по данным исследования флюидных включений)

Принципиальный характер модели формирования камнесамоцветной минерализации хрусталеносных пегматитов занорышевого типа Украины воссоздан на основе результатов выполненных нами исследований с привлечением анализа необходимых литературных данных:

1. Топазо- и бериллосодержащие парагенезисы формировались в послеевклизионную стадию пегматитового процесса в условиях преимущественно открытой физико-химической системы. Среда минералообразования с момента кристаллизации первых генераций самоцветов

и до конца процесса находилась в состоянии динамического равновесия раствор – газ. Интенсивное кипение в пегматитовых обособлениях – природных полостях–кристаллизаторах способствовало захвату кристаллизующимися минералами сингенетических включений гетерогенного происхождения. Их разновозрастность позволила установить общую последовательность изменения характеристик минералообразующихся флюидов во времени (с плотностью, близкой к критической; высококонцентрированные; с преобладанием в газовой фазе  $\text{CO}_2$ ).

2. Вследствие гетерогенного субкритического состояния флюидов температуры гомогенизации первичных включений в кондиционных кристаллах топаза из занорышевых областей соответствуют (или близки) истинным условиям минералообразования: 372–392 + 410–415°C (Возняк, 1971), акцессорного берилла – 373–415°C (Ремешило, 1971). Подобные значения, находящиеся в области 400°C, получены и для зон выщелачивания пегматитовых тел. С кристаллизацией топаза, акцессорных берилла и фенакита, зеленого флюорита-I и залечиванием "сосовых трещин" в кварце по температурам синхронизируется интенсивная альбитизация.

3. Существование двухфазового равновесия жидкость–газ в флюидах указывает на то, что основная масса минералов камнесамочетных парагенезисов формировалась при давлениях, редко превышающих 30–40 МПа и снижающихся в ходе эволюции процесса. Измеренные их величины составили для первичных сложных включений  $\text{CO}_2$  гетерогенного происхождения в альбите толстотаблитчатого облика 26–27 МПа, а вторичных – гомогенного происхождения в топазе зон выщелачивания 26,5 МПа. Подобные значения установлены Ю.А. Долговым (1968, 1970) для первичных (53 МПа) и вторичных (23–46 МПа) включений в топазе, ранневторичных (15–56 МПа) и берилле занорышевых областей.

4. Состав минералообразующих растворов при формировании кондиционных кристаллов топаза характеризовался высоким содержанием ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{F}^-$ , преобладающими в количественном отношении. Общая концентрация таких флюидов достигала 58–60 вес.%. В отличие от топазсодержащих парагенезисов, для растворов водных вытяжек в кристаллах берилла более типичен ион калия. Уменьшение содержания иона  $\text{F}^-$  подтверждают экспериментальные данные (Бауэ, Диков, 1967) о его роли при этом лишь как катализатора процесса. Альбитизирующие растворы по солевому составу соответствуют в целом гидрокарбонатно–натриевому типу.

5. Достаточно высокая кислотность топазообразующих флюидов, предсказанная В.С. Соболевым (1949) и подтверждаемая термодинамическими расчетами и данными экспериментов (Говоров, 1967; Когарко, Кригман, 1981), установлена по данным непосредственных определений pH растворов: 4,3–5,6 (Калужный, 1957; Возняк, 1971; Лаваренко, 1968). Смещение измеренных значений pH включений в берилле в слабощелочную область (7,2–8,5) (Калужный, 1960; Калужная, Калужный, 1963) прямо указывает на увеличение щелочности растворов в природных условиях минералообразования вследствие накопления калия на переднем фронте альбитизации калишпата.

6. Состав летучих компонентов включений в топазе, берилле и альбите из занорышей определялся соотношениями углекислоты, метана и азота с резким преобладанием  $\text{CO}_2$  (до 98,2 об.%). Для зон выщелачивания более типичны преимущественно углекислото–метановые флюиды с содержаниями  $\text{CH}_4$ , достигающими 74,1 об.%.

7. Углерод  $\text{CO}_2$  включений в топазе относительно обогащен легким изотопом ( $\delta^{13}\text{C} = -18,7 \pm -19,4\%$ ). Облегчение углерода характерно и для карбонатных минералов пегматитовых тел с самоцветной минерализацией ( $\delta^{13}\text{C} = -14,2 \pm -15,7\%$ ). Это свидетельствует о существенном вкладе в минералообразующие флюиды летучих гранитного расплава, для оксида углерода (IV) которых установлены достаточно низкие значения  $\delta^{13}\text{C}$  ( $-23,3 \pm -34,3\%$ ) (Мамчур и др., 1975).

8. Анализ данных прецизионного исследования флюидных включений, минеральных парагенезисов и типоморфных признаков минералов позволяет сделать вывод о формировании топаза и берилла при свободной кристаллизации в занорышевых областях и метасоматических замещениях в зонах выщелачивания. Наблюдаемые факты подчеркивают преимущественно наложенный характер камнесамочетной минерализации. Вследствие воздействия кислых фторидных растворов на калишпат образуются псевдоморфозы топаза по позднему микроклину, его метакристаллы и микроскопические выделения в альбите и адуляровидном калишпате. В условиях повышения щелочности при выщелачивании акцессорного метасоматического берилла. Достаточно высокие температуры, обогащенность и создавшиеся необходимые соотношения в минералообразующих флюидах щелочей, фтора и углекислоты, спокойный тектонический режим в период между двумя механическими нарушениями пегматитовых тел способствовали образованию, локализации и сохранению кондиционных кристаллов самоцветов.

Н.В.Гнидаш, В.В.Раткин, Л.Н.Хатчиков  
(ДВИИ ДВО РАН, г.Владивосток)

#### ЭВОЛЮЦИЯ ФЛЮИДНОГО РЕЖИМА ФОРМИРОВАНИЯ ДАЛЬНЕГОРСКОГО БОРОСИЛИКАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДАННЫМ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИИ

Изучались включения минералообразующих сред в минералах месторождения методами термобарогеохимии (определение особенностей включений в полированных пластинках под микроскопом, замеры  $T_{\text{гом}}$ ,  $T_{\text{дек}}$ , криометрия, анализ водных вытяжек, газовая хроматография).

Месторождение представляет собой зону сканирования стоящего на "голове" тела триасовых известняков (олистолита) в терригенно-осадочных породах верхнего мела. На глубине 1000-1200 м от поверхности скарны контактируют с массивом гранитоидов. Формирование месторождения происходило в два этапа, разделенных периодом внедрения дайкообразных тел андезитового состава.

В кварце гранитоидов содержатся расплавные, кристалло-флюидные, газовой-жидкие и газовые перичные включения. Расплавные включения помимо силикатной составляющей и газового пузырька содержат жидкую флюидную фазу (до 25% объема вакуолей).  $T_{\text{гом}}$  расплавных включений 745-750°C. В составе флюидной части включений обнаружены только хлориды  $Ca$ ,  $Na$ ,  $K$ , а в газовой фазе преобладает  $CO_2$ , присутствуют  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$  (?).

В первый этап рудообразования происходило формирование гранат-воластонитовых скарнов в корневых частях месторождения и своеобразных тонкополосчатых дололит-воластонитовых пачковидных агрегатов на средних и верхних горизонтах. Их образование происходило за счет раскристаллизации высококонцентрированных гелеподобных масс в крупных палеопустотах в известняках, типа карстовых полостей. На стенках некоторых полостей нарастали кристаллы данбурита. Формирование пачковидных агрегатов за счет раскристаллизации гелей подтверждается наличием в дололите типичных для этих условий кристаллизации минералов включений минералообразующих бред (Долгов, 1959).  $T_{\text{гом}}$  газовой-жидких включений в дололите составляет 290-325°C.  $T_{\text{гом}}$  включений с собственно коллоидными фазами не постоянны (160-200°C). В растворах включений определены хлориды  $Ca$ ,  $Na$  и вода. Концентрация растворов достигает 48-50% по  $NaCl$ -эквиваленту. Состав газов - пары воды - 88-97%.

$CO_2$  - 8,7-2,1%,  $H_2$  - 1,5-0,7%,  $CO$  - 1,2-0,2%,  $N_2$  - 0,1-0,04 и  $CH_4$  - 0,3-0,002%.

Скарны второго этапа сложены, преимущественно, длиннолучистым геденбергитом и андрадитом, а также кварцем, крупнокристаллическим датолитом, кальцитом и аксинитом. Включения изучались во всех этих минералах. Известное ранее представление о постепенном понижении температур во времени при формировании месторождения пополнено данными по пределам изменения температур образования разных минеральных ассоциаций, по изменениям состава минералов, морфологических типов кристаллов и других свойств при понижении температуры. Показаны изменения температур в процессе роста отдельных кристаллов и при формировании псевдоморфоз по раннему данбуриту. Установлены существенные различия температур при формировании разных по составу руд участков месторождения. В растворах во включениях всех минералов преобладают хлориды  $Ca$  и  $Na$ , а также бикарбонат натрия. Меньшую роль играет хлорид  $K$  и во включениях в некоторых минералах определены хлориды  $Fe$  и  $Mg$ . По мере понижения температуры кристаллизации минералов уменьшается значение хлорида  $Ca$  при увеличении роли сначала хлорида  $Na$ , а затем бикарбоната  $Na$ , преобладающего во включениях в низкотемпературных минералах. Установлены также особенности состава растворов при кристаллизации разных минералов, его изменения в зависимости от условий минералообразования и, в частности, от состава вмещающих пород. Концентрация растворов также претерпевает закономерные изменения в зависимости от температуры от 50 до 1-2%. Данные по изменениям состава включений во времени позволили рассчитать возможные колебания  $pH$  и  $Eh$  растворов и показать различия в условиях формирования боросодержащих минералов.

В.Ю.Прокофьев (ИГХ СО, г.Новосибирск),  
Г.Ф.Иванова (ГЕОХИ, г.Москва)  
Д.К.Власова, К.В.Подлесский (ИГЕМ РАН  
г.Москва)

#### ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕЕЛИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ СУБАШИ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

Рудопроявление Субаши приурочено к метаморфическим породам мажорской серии Кыртыкского тектонического блока (басс. р.Баксан) и локализовано в контактовом ореоле гранитоидов  $Pz_3$ . Последова-

тельность формирования швеллитсодержащих парагенезисов в метаморфитах определяется их метасоматическим преобразованием, включающим скарнирование, грейзенизацию, биотизацию, хлоритизацию.

Для оценки природы и состава флюида, участвовавшего в рудообразования и метаморфизме, были изучены флюидные включения в минералах из образцов в различной степени измененных оксидов, метасланцевых сланцев и гнейсов. Полученные результаты указывают на значительное разнообразие температур гомогенизации включений и их химического состава. Наиболее ранний кварц, а также швеллит и гранат оксидов имеют близкие значения  $T_{\text{ГОМ}}$  (390–380°, 385 и 330–290°C соответственно) и солёности растворов (5 мас. экв.% NaCl), ведущими компонентами которых являются NaCl-KCl. Газовая фаза флюидных включений в этих минералах содержит преимущественно метан. Давление, оцененное для случаев гетерогенизации раствора, изменялось от 1,9 до 1,6 кб, что существенно ниже оцененной по минеральным парагенезисам величины давления регионального метаморфизма, равной 3,0 кб.

Компонентный состав во вторичных включениях ( $T_{\text{ГОМ}}$  245–51°C) в кварце швеллитсодержащих оксидов резко отличается от первичных: в жидкой фазе преобладает  $\text{MgCl}_2 + \text{NaCl}$ , либо  $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ , а в газовой фазе —  $\text{CH}_4 + \text{N}_2$ . Поздний прожилковый кварц отличается низкими значениями  $T_{\text{ГОМ}}$  (170–95°C) и наиболее высокой солёностью флюида (18–25 мас. % экв. NaCl) с преобладанием в растворе Ca и Na.

Установлено, что кварц из метаморфических сланцев содержит существенно газовые и газово-жидкие включения с  $T_{\text{ГОМ}}$  от 365 до 345°C, состав которых отвечает хлоридным Mg-Na растворам с концентрацией солей от 2 до 5 мас.% экв. NaCl, а газовая фаза представлена  $\text{CO}_2$  с примесью  $\text{CH}_4$ .

Различие во флюидных режимах формирования минералов метаморфитов и швеллитсодержащих ассоциаций оксидов может свидетельствовать о восстановительной обстановке рудоотложения, а также о разных источниках флюидов, участвовавших при метаморфизме и швеллитобразовании в оксидных.

Имеющийся в настоящее время комплекс данных указывает на гидротермально-метасоматическую природу швеллитовой минерализации. Сравнение полученных данных с T-C характеристиками месторождения Тырнауз свидетельствует о различии в источниках рудообразующих систем рассматриваемого рудного района.

## ЭВОЛЮЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МИНЕРАЛОБРАЗУЮЩЕГО СРЕДЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИУЛЬТИН

Проведенное исследование флюидных (ФВ) и расплавных (РВ) включений в минеральных ассоциациях Иультинского оловорудного месторождения позволило сделать выводы о возможных путях эволюции флюида при его формировании.

1. В формировании месторождения Иультин принимало участие два различных флюида. Первый был связан с кристаллизующимся гранитным расплавом и имел водно-хлоридный состав, концентрация его возрастала в процессе кристаллизации гранита (от  $C = 1,4-3,3$  мас.% NaCl при кристаллизации вкрапленников до  $C = 6,5-10,5$  мас.% на позднемагматической стадии). Данный флюид фиксируется в РВ во вкрапленниках кварца гранита в виде первичных ФВ в зонах перекристаллизации гранита и в виде основной массы первично-вторичных ФВ в минералах главной рудной стадии. Второй — представлял собой поровый флюид прогретых вмещающих пород и был насыщен летучими ( $X_{\text{CO}_2} = 10-25$  мол.%,  $X_{\text{CH}_4} = 3-9$  мол.%,  $C = 2-4$  мас.%), которые, по-видимому, могли быть продуктом взаимодействия данного флюида с органическим веществом вмещающих углистых сланцев и песчаников. Этот флюид состава  $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CO}_2-\text{CH}_4$  содержится в кварце из дорудных прожилков в роговиках, в кварце позднемагматических образований и в минералах главной рудной стадии.

2. Предполагается, что на этапе открытия трещин, владение падением давления, наблюдалось смешение этих флюидов в зоне разгрузки. На этапе заполнения трещин примешивание флюида, богатого летучими из боковых пород, продолжалось на фоне постепенного снижения температуры и, очевидно, порового давления во вмещающих породах. Основная масса водно-хлоридного флюида поступила в зону разгрузки из глубоких частей кристаллизующегося гранитного расплава. Смешение флюидов происходило в нижних частях зоны разгрузки, вероятно, захватывая и верхнюю часть кровли интрузива, о чем свидетельствует появление флюидов, содержащих  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в зонах перекристаллизации гранита, кварц-полевшпатовых прожилках и грейзенах. Кипение флюида, дающее противоположное, "разделяющее" воздействие на его состав, было более широко развито в

средних и верхних частях зоны разгрузки. На фоне непрерывного отложения кварца, входящего во все минеральные ассоциации, из гетерогенного флюида, преобладающего состава  $H_2O-NaCl-CO_2-CH_4$  происходит отложение раннего минерального комплекса (мусковит - касситерит - арсенопирит - вольфрамит - шеелит - берилл - флюорит) главной рудной стадии. Данный минеральный комплекс сменяется отложением сульфидных ассоциаций (леллингит-арсенопирит - пирит-пирротин-халькопирит) из существенно водно-хлоридного флюида.

3. Снижение проницаемости вследствие заполнения трещин жильным материалом, могло приводить к повышению давления в системе, что в свою очередь уменьшало поступление флюида из вмещающих пород. Снижение температуры вмещающих пород при их естественном остывании, вероятно, замедляло скорости реакций разложения органического вещества и уменьшало поступление продуктов такого разложения (в первую очередь  $CO_2$  и  $CH_4$ ) во флюид, поступивший в зону разгрузки из вмещающих пород. Появление флюидов карбонат-бикарбонатного состава, вероятно, свидетельствует о том, что последними в зону разгрузки поступали метеорные воды, практически не вступающие в реакции обмена с вмещающими породами.

К.Э.Стельмаченок, Ю.М.Ишков  
(БИ СО РАН, г.Улан-Удэ)

#### ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛОНОСНОСТИ ПАЛЕОГИДРОТЕРМ НА СОДЕРЖАНИЕ МОЛИБДЕНА В ШТОКВЕРКОВЫХ РУДАХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ РАСТВОРОВ С ВЫСОКИМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ Мо

Особенностью Первомайского плутогенного Мо месторождения является совмещение в пространстве двух одновременных штокверков. Ранний, наиболее богатый  $MoS_2$ , штокверк образован прожилками с содержанием Мо 1-6 вес.%. Поздний, обедненный  $MoS_2$ , - прожилками с содержанием Мо менее 0,5 вес.%. Содержание Си и Zn в большинстве рудных прожилков варьирует в пределах  $5 \cdot 10^{-3}$  -  $5 \cdot 10^{-2}$  вес.%. Прожилки обоих штокверков имеют существенно метасоматическую природу и сопоставимую мощность зон кварцевого замещения, что предполагает сопоставимое количество формировавших их растворов. С целью выяснения причины отмеченных различий исследованы флюидные включения (ФВ) из богатых и бедных  $MoS_2$  прожилков. Информация о

растворах, поступавших в трещины штокверков до начала массового отложения  $MoS_2$ , получена при изучении околопрожилковых вторичных ФВ в пересекаемых прожилками кварцевых фенокристаллах гранитов. Шлейфы околопрожилковых ФВ не выходят в жильный кварц, и поэтому законсервированные в них растворы следует считать более ранними по отношению к растворам, захваченным в ФВ жильными минералами.

Лазерно-спектральный анализ индивидуальных ФВ показал, что богатые  $MoS_2$  прожилки формировались растворами, содержащими при поступлении в трещины до 4,5 г/кг Мо. В промежуточные эпизоды минералообразования концентрация Мо в растворах возрастала до 9 г/кг. Содержание Мо во флюиде, формировавшем бедные прожилки, не достигало и 0,1 г/кг. Итак, длительность отдельных импульсов гидротермальной активности, характерная для Первомайского и, вероятно, других штокверковых месторождений, может оказаться достаточной для образования промышленных руд при условии, что концентрация Мо составляет первые граммы на килограмм раствора.

Изучение околопрожилковых ФВ показало, что концентрация Мо в наиболее ранних металлоносных растворах варьирует в пределах 0,08-4,5 г/кг при практически постоянных концентрациях Си и Zn (соответственно 0,07-0,2 и 0,2-0,3 г/кг). Это предполагает либо отложение Мо на подвижном геохимическом барьере (ПГБ по В.С.Голубеву, 1981), определявшем постепенное увеличение концентрации напыления по Мо в данном срезе системы, либо эволюцию магматического источника растворов. В связи с тем, что Си и Zn из гидротерм не отлагались и самоконцентрирование растворов этими металлами на ПГБ исключено, следует считать обнаруженные концентрации близкими концентрациям во флюиде на выходе из магматического источника.

Содержание Мо и Си в растворах, контактировавших с ранее отложенным  $MoS_2$  на поздних эпизодах минералообразования в богатых прожилках, понижалось как минимум на два порядка для Мо и до 0,0007 г/кг для Си - несмотря на то, что изученные ФВ имели соленость и  $T_{гом}$  характерные для ФВ высокометаллоносного флюида. Из этого и рентгеноспектральных и криометрических данных о преобладании в растворах Na, K, Cl и F, следует, что изменение концентрации насыщения по Мо в поздние эпизоды минералообразования не связано с изменением содержания во флюиде хлоридов и фторидов или температуры. Но поскольку ранние ФВ в отличие от поздних, содержат в качестве усадки мусковит, практически нерастворимый в

близнеитральной среде, можно ожидать, что ранние растворы обладали либо высокой кислотностью, либо высокой щелочностью. Последнее исключается, ибо образование рудных прожилков начинается с формирования кварц-мусковитового парагенезиса. Следовательно, уменьшение концентрации насыщения по Мо на поздней стадии сопряжено с нейтрализацией исходно кислых растворов.

В.Н.Василенко  
(ГТУ, г.Ростов-на-Дону)

ГАЗОВЫЙ СОСТАВ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ И ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЧЕДАНЫХ РУД  
В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНАХ УРАЛА

Солевой состав минерало-, рудообразующих палеорастворов, сформировавших рудные залежи в Маман-Бурибайском, Сибайском, Учалинском, Кировоградском и Тагило-Красноуральском районах по данным водных вытяжек включает:  $KCl$ ,  $K_2SO_4$ ,  $Na_2O_4$ ,  $NaCl$ ,  $Na(HCO_3)_2$ ,  $NaCO_3$ ,  $NaNO_3$ ,  $Ca(HCO_3)_2$ ,  $CaSO_4$ ,  $CaF$ ,  $Mg(HCO_3)_2$ ,  $MgSO_4$ . Присутствуют соединения с мышьяком и рудные компоненты. Газовохроматографическими анализами установлено, что растворы имели водно-углекислотный характер и содержали  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $HCl$ ,  $HF$ , этилен. Вытяжки из руд имеют pH от 6 до 9,8, а из метасоматитов 7,8-10,5. Концентрация варьирует от 0,024 до 0,64%. Установлен большой контраст давлений от нескольких бар до 1315 бар. Низкие значения давления характерны для ритмично-слоистых и "землистых" руд, а также низкотемпературных серноколчеданных руд коллоидной структуры. Высокие - в сильно перекристаллизованных рудках среднеуральских месторождений и в зонах рудопродолжающих каналов.

Полученные данные дают возможность сделать анализ динамики изменений физико-химических параметров по типам руд и метасоматитов отдельных рудных районов и в региональном плане. Так, на месторождениях Южного Урала рудообразующие растворы имели кальций-натриевый сульфатно-бикарбонатный состав, а на месторождениях Среднего Урала резко выражен сульфатно-кальциевый состав растворов. В рудках повсеместно наблюдается увеличение содержаний  $CO_2$  в поздние гидротермально-метасоматические стадии рудообразования. Для заключительной полиметаллической стадии характерна обратная тенденция.

В рудках среднеуральских месторождений, залегающих в сильно

дислоцированных и метаморфизованных породах, резко уменьшается газонасыщенность. Так, в серноколчеданных рудках Тагило-Красноуральского района она составляет 1,4-3,7 мм<sup>3</sup>/200 мг пробы, в медноколчеданных - до 15,5 мм<sup>3</sup>/200 мг. В наиболее высокотемпературных рудках с полиметаллической минерализацией общая газонасыщенность составляет 0,6-1,06 мм<sup>3</sup>/200 мг. Состав газов и их количественные соотношения в рудном горизонте и метасоматитах надрудного и подрудного уровней могут существенно меняться. Так, например, в отличие от южноуральских месторождений, на ряде месторождений Среднего Урала в метасоматитах всяческого бока установлены ореолы газонасыщенности до 315-520 мм<sup>3</sup>/200 мг. Находящиеся ниже рудные разрезы частично или полностью лишены декриптоактивности и имеют четкие следы регенерации оруденения. Находящиеся здесь включения претерпели интенсивные метаморфические преобразования. В целом влияние поздних локально-метаморфических и регионально-метаморфических процессов выразилось в нивелировании физико-химических параметров рудных образований. На дифференцированных хроматограммах высокотемпературных руд наблюдается выход продуктов ранней диссоциации сульфидов -  $SO_2$ ,  $H_2S$  в более высокотемпературных основных интервалах декрепитаций.

Н.Н.Баранова, С.В.Козеренко, А.Э.Кольцов,  
О.Ф.Миронова, Т.Г.Дарьяина, И.Н.Волошик  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва)

О ФОРМИРОВАНИИ СОСТАВА АЗОТ- И УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ  
ФЛОИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

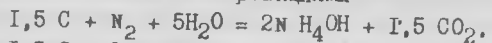
Выполнены определения  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $Na$  в газовой и  $NH_4$  - в жидкой фазах флюидных включений в кварцах рудных тел трех золоторудных месторождений, залегающих в породах, контрастных по содержанию органического вещества. В качестве объектов исследования были использованы золото-сульфидное месторождение Зод, расположенное в пределах офиолитового комплекса ( $C_{орг} < 0,00\%$ ), золото-кварцевое месторождение Зармитан - в роговиках и граносиенитах ( $C_{орг} 0,00\% - 0,01\%$ ) и золото-углеродное месторождение Мурунтау в метаморфизованных терригенно-осадочных породах ( $C_{орг} > 0,0\%$ ).

2. Установлено, что во всех случаях флюидные включения имеют углекисло-аммиачный состав, причем для месторождения Зод отме-

чается резкое преобладание  $\text{CO}_2$  над  $\text{CH}_4$ . Имеет место прямая зависимость между степенью окисления компонентов "углеродной" и "азотной" систем, выражающейся во взаимосвязи соотношений  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2/\text{NH}_4^+$ . Для месторождений Зод и Зармитан во флюидах поздних стадий преобладающим компонентом становится  $\text{N}_2$ , достигающий концентраций 0,2–0,4 мол/л. Для всех исследованных объектов максимальные концентрации  $\text{NH}_4^+$  (от 0,13 до 0,81 мол/л) наблюдаются в растворах флюидных включений в кварцах продуктивных минеральных ассоциаций.

3. Данные по содержанию  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  отвечают условиям переноса флюида по отношению к графиту для месторождений Мурунтау, указывают на близость к насыщению для месторождения Зармитан и на недонасыщенность флюида по отношению к графиту для Зодского месторождения.

4. Присутствие восстановленных форм углерода во вмещающих породах гидротермальных систем, формирующихся в областях развития углеродсодержащих пород, обеспечивает высокие концентрации восстановленных форм углерода (до 0,44 и 0,77 мол/л  $\text{CH}_4$ ) и азота (до 0,23 и 0,81 мол/л  $\text{NH}_4^+$ ) в растворах (месторождения Зармитан и Мурунтау) в соответствии с реакциями



В условиях практически полного отсутствия углерода во вмещающих породах (месторождение Зод) состав равновесного флюида смещается в сторону значительного преобладания углекислоты.

5. Выполненные построения могут быть использованы для реконструкции путей формирования поступающего флюида, поскольку в зависимости от соотношения компонентов в нем отчетливо различаются равновесный состав флюида и поведение углерода.

А.М.Прусиков, П.А.Иванов, К.Б.Бицов  
(МГРИ, г.Москва)

#### ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ФЛЮИДОВ В РУДОВМЕЩАЮЩЕЙ ТОЛЩЕ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУРУНТАУ (по данным глубинного бурения)

К настоящему времени овертглубокая Мурунтауская скважина достигла отметки четырех километров. Она вскрыла монотонный разрез терригенных пород, характеризующийся переслаиванием олодистых

оланцев, метаалевролитов и метапесчаников. Разрез насыщен метаморфогенными кварцевыми жилами. Породы толщи и кварцевые жилы подверглись активному воздействию потока гидротермальных флюидов. Термобарогеохимические исследования, проведенные по 262 равномерным отобраным образцам кварцевых жил, позволили выявить изменения параметров этих флюидов в пределах четырехкилометровой части разреза горных пород, слагающих блок Мурунтауского рудного поля. По всему разрезу в агрегатах метаморфизованного кварца наблюдается развитие трех типов включений – углекислых, рассольных и сульфатно-водных. Отмечено плавное повышение температуры гомогенизации с глубиной у всех трех типов включений, а на нижнем интервале разреза (2575 – 4000 м) заметно ее снижение, что, очевидно, связано с резким повышением давления в нижней части толщи пород. По изученному разрезу отмечается переход от низкотемпературных минеральных ассоциаций зеленосланцевой фации метаморфизма с развитием хлорит-серпигитового парагенезиса к более высокотемпературным с доминированием биотит-серпигитового парагенезиса. В нижней части разреза фиксируются участки проявления амфиболитовой фации метаморфизма по появлению в породах пироксена, амфиболов, граната, волластонита. Вертикальная метаморфическая зональность сопровождается изменением состава гидротермальных флюидов. В нижней части разреза, в которой отмечаются проявления амфиболитовой фации, флюидная проработка пород, интенсивность которой определялась по флюидонасыщенности кварцево-жилных образований (содержание  $\text{H}_2\text{O}$  в г-наевеке), минимальна. Растворы в этой части разреза характеризуются высокой активностью щелочей ( $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$ ). По мере перехода вверх по разрезу к менее метаморфизованным породам происходит возрастание интенсивности проработки этих пород гидротермальными флюидами, увеличение привноса в эти флюиды  $\text{CO}_2$  и одновременное возрастание их окислительных свойств. На этом фоне отмечается снижение активности щелочей в гидротермальных растворах, но лишь до верхнего интервала разреза (0 – 1020 м). Этот интервал характеризуется нестабильностью режима гидротермального процесса. В его пределах наблюдаются признаки гетерогенизации и вскипания углекислых растворов и их "высаливания", проявляющиеся в существенных колебаниях фазового состава углекислых включений и появлении большого количества рассольных включений. Ниже этого интервала соотношения фаз углекислых включений становятся стабильными, а появление рассольных включений отмечается лишь спорадически. В пределах верхнего

интервала происходит скачкообразный рост флюидонасыщенности кварцевых жил, концентраций  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$  на фоне резкого увеличения дисперсии значений этих параметров. Верхний интервал разреза метаморфической толщи рассматривается как своеобразный геохимический барьер накопления высококонцентрированных углекисло-хлоридно-щелочных растворов, гетерогенизация которых в окислительной обстановке приводила к отложению золота и формированию крупномасштабного оруденения.

П.А.Ипанов, А.М.Прусаков, К.Б.Бицов  
(МГРИ, г.Москва)

#### ДВА ТИПА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУРУНТАУ

Метаморфогенные кварцево-жильные образования широко и достаточно равномерно распространены в рудовмещающих терригенных породах баспанской свиты, метаморфизованных в биотитовую субфацию регионального метаморфизма. В результате наложенного рудогенерирующего процесса в метаморфизованных кварцевых агрегатах этих жил образовались многочисленные зоны вторичных включений. Их фазовый состав указывает на нестабильный режим гидротермального процесса — отмечаются признаки гетерогенизации, вскипания и "высаливания углекислых растворов. Проведен равномерный (шаг — 10 м) отбор кварцевых жил по профилю вкост простиранию главной рудоносной структуре месторождения. Методами термобарогеохимии изучался состав вакуольных растворов из этих жил —  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ . Анализ полученных данных позволил выявить в пределах месторождения Мурунтау признаки проявления двух типов гидротермальных систем — объемной и линейной. Объемная система пронизывает блок пород месторождения и характеризуется выдержанной в пространстве градиентами изменения состава рудогенерирующих растворов. К слабо проявленным зонам трашиноватости приурочены участки дегазации (удаление  $\text{CO}_2$ ) растворов и возрастание концентраций в них  $\text{Cl}^-$  и  $\text{K}^+$ . На этом фоне происходит формирование маломощного бедного по содержанию золотого оруденения. Функционирование линейной системы связано с сетью мощных зон дробления северо-восточного и субширотного простирания. Эти зоны не оказывали какого-либо воздействия на поведение  $\text{CO}_2$  в растворах. По ним по-

ступали высококонцентрированные по  $\text{Cl}^-$  и  $\text{K}^+$  золотосные растворы, взаимодействие которых с вмещающими породами приводило к формированию крупномасштабного богатого по содержанию оруденения в ореолах калишпатовых метасоматитов. Каркас крупных разрывных нарушений играл, очевидно, для объемной гидротермальной системы роль своеобразной дренажной сети, в которой концентрировались золотогенерирующие калий-хлоридные растворы.

Н.М.Давиденко, И.М.Сворень, Б.И.Грецишин,  
Б.Э.Сахно, Л.Ф.Телпко, И.В.Литвин,  
Ю.Н.Шашорин, Л.П.Дручок  
(ИГГТИ АН Украины, г.Львов)

#### ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЬНОЙ И ПРОЖИЛКОВО-ВКРАПЛЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ (на примере Мурунтау)

Результаты исследования флюидных включений в минералах жильной и прожилково-вкрапленной минерализации Мурунтау свидетельствуют о сложной эволюции его палеотемпературного поля с неолнократным возникновением аномалий вдоль зон крутопадающих тектонических нарушений и поясов даек разного состава.

Соотношение изотопов углерода антраксолитоподобного жильного выполнения зон крутопадающих разломов центральной части месторождения Мурунтау, а также углисто-глинистых рудовмещающих сланцев, свидетельствует об их геохимическом родстве и образовании вследствие окисления органических остатков.

Результаты изотопных анализов серы сульфидов жильной и прожилково-вкрапленной минерализации указывает на участие в минералогенезе Мурунтау серы мантийного происхождения. Причем с ролью последней в значительной мере связано образование особо богатых рудных тел.

Для минеральных парагенезисов богатых золоторудных тел Мурунтау, тяготеющих к долгоживущим зонам тектонических нарушений, характерны высокая газонасыщенность при доминирующем значении  $\text{CO}_2$  (60–85% для данного месторождения).

Установленные на примере Мурунтау термобарогеохимические аномалии согласуются с данными, полученными на территории Донбасса, и представляются общими для перспективных на золото черносланцевых толщ различных регионов.

Л.Ф.Пасальская, А.М.Калиниченко,  
В.П.Снисарь, Н.Н.Багмут  
(ИГЭМ АН Украины, г.Киев)

СОСТАВ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ ЗОЛОТОРУДНОГО  
ПРОЯВЛЕНИЯ УКРАИНСКОГО ШИТА

Методами ЯМР, газовой хроматографии и ЭПР проведено исследование состава флюидных компонентов в кварце из зоны золоторудной минерализации в образованиях ингуло-ингулецкой серии УКЩ. Минерализация в гнейсах представлена прожилками кварца и вкрапленностью сульфидов (арсенопирит, пирротин, пирит, редко халькопирит). Золото находится в тонкодисперсном состоянии в арсенопирите и частично в свободном виде в кварцевых прожилках, иногда в ассоциации с самородным висмутом. Околорудные изменения проявлены слабо.

Изучался кварц (фр. 1-2 мм) продуктивных и слабопродуктивных гнейсов, кварцевых прожилков и гранитных жил. Методом ЯМР определялось содержание воды и ее солёность, в газовой хроматографией - количество  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ . Для установления природы газов использовались данные ЭПР.

Некоторые из полученных результатов приведены в таблице. Видно, что для кварца из высокопродуктивных проб характерна высокая

| № п/п | NaCl<br>мас.% | H <sub>2</sub> O,<br>мас.% | CO <sub>2</sub> ,<br>мас.% | H <sub>2</sub> O/CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> ,<br>лм <sup>3</sup> /кг | CH <sub>4</sub> ,<br>лм <sup>3</sup> /кг | CO,<br>лм <sup>3</sup> /кг |
|-------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|--|----------------------------|
| 1     | 21            | 0,008                      | 0,019                      | 0,4                              | 0,040                                   | 0,010                                    | 0,040                      |
| 2     | 15            | 0,004                      | 0,011                      | 0,3                              | 0,170                                   | 0,013                                    | 0,120                      |
| 3     | 1,7           | 0,004                      | 0,015                      | 2,7                              | Не обнаружено                           | Не обнаружено                            | 0,001                      |
| 4     | Сл.           | 0,018                      | 0,020                      | 0,9                              | "                                       | "  | 0,001                      |
| 5     | Сл.           | 0,030                      | 0,004                      | 7,0                              | 0,040                                   | 0,010                                    | 0,068                      |
| 6     | Не обнаружено | 0,030                      | 0,007                      | 4,3                              | Не обнаружено                           | Не обнаружено                            | 0,017                      |

Примечание. 1,2 - кварц из высокопродуктивных проб; 3-4 - из малопродуктивных; 5,6 - из непродуктивных.

солёность растворов газовой-жидких включений и низкое водоуглекислое соотношение. В низкопродуктивных пробах содержание хлорида

натрия снижается на порядок, а водоуглекислое отношение увеличивается. Для непродуктивных проб не обнаружен хлорид натрия в растворах включений, и наблюдается значительное преобладание воды над углекислотой. Следует отметить также высокие содержания восстановительных газов в кварце из высокопродуктивных проб и низкое или полное их отсутствие в слабопродуктивных и непродуктивных.

Методом ЭПР показано, что после извлечения газов в пробе не обнаруживался карбонизированный остаток органического вещества, что позволило выделявшиеся газообразные компоненты отнести к флюидной фазе включений.

Проведенное исследование показало, что изученный тип минерализации при своем внешнем отличии от традиционных золоторудных месторождений, по характеру газовой и солевой составляющей флюида принципиально не отличается от объектов гидротермально-метасоматического генезиса.

Е.Е.Лазаренко, Н.М.Гостяева  
(ИГЭМ АН Украины, г.Киев)

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ  
В ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОРОДАХ ЧЕРТОМЛЫКСКОЙ СТРУКТУРЫ  
(УКРАИНСКИЙ ШИТ)

Изучены включения в кварце и полевоом шпате из жил и кварц-карбонат-хлорит-серецитовых сланцев с различным соотношением указанных минералов в пределах Чертомлыкской рудной структуры. По данным нейтронно-активационного анализа содержание золота на изученных участках в среднем 0,21 г/т, но на участке Балка Широкая отмечается до 24 г/т. В кварце установлено несколько групп включений, среди которых преобладают углекислотные и водно-солевые. Гомогенизация газовой-жидких, водно-солевых включений происходит в жидкую фазу в интервале температур 320-190°C. Давление, определенное по сингенетичным углекислотным и водно-солевым включениям, на одном из этапов минералообразования составляло 70 МПа. По данным криометрических исследований, концентрация растворов изменялась от 23 до 10% (в эквиваленте по NaCl). В жидкой составляющей включений определены хлор-ион, а также фтор- и хлор-ион, связанные с углеводородами. Содержание хлор-иона в породах изменялось от 5 до  $44,5 \cdot 10^{-6}$  г/г навески фракции 0,5-1,0 мм. Фтор- и хлор-

углеводородные содержания отмечались в основном в толщах пород, обогащенных золотом. Их содержание колеблется в пределах для хлор-иона из углеводородов от 5 до  $58,5 \cdot 10^{-6}$  г/г навески и для фтор-иона из углеводородов - от 13,5 до  $35 \cdot 10^{-6}$  г/г навески. В газовой составляющей включений преобладают  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ . Содержание газа в золотоносных породах на порядок выше. Так, содержание  $\text{CO}_2$  возрастает до 430 мл/кг породы в золотоносных кварцевых жилах и сланцах по сравнению с нерудными породами (12-150 мл/кг породы). Наиболее высокие содержания  $\text{N}_2$  наблюдаются в кварцевых жилах (до 2,4 мл/кг породы). Соотношение  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6 + \text{CO}_2$  указывает на окислительный характер флюида.

По данным вакуумного и звукового декрепитационных анализов максимальное газовыделение отмечается для золотоносных пород в интервале температур 200-400°C, для нерудных участков характерно газовыделение в интервале 400-600°C.

Полученные данные свидетельствуют, что образование золото-рудной минерализации происходило из углекислотно-хлоридно-натриево-калиевых растворов с концентрацией 10-23% при температуре 320-190°C и давлении 70 МПа. Во флюиде присутствуют, хотя и в незначительном количестве, углеводороды, играющие важную роль при формировании золоторудных месторождений.

М.О.Витык (ИГПИ АНУ, г.Львов),  
О.Ф.Миронова (ГЕОХИ, г.Москва),  
Л.З.Скакун (ЛГУ, г.Львов)

#### ГАЗОВЫЙ СОСТАВ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ БЕРЕГОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (по данным пиролитической газовой хроматографии)

Изучались жилы кварцевые агрегаты, формирующиеся на заключительной стадии минералообразования Береговского рудного поля. Кварц содержит системы сингенетичных существенно газовых (СГ) и существенно жидких (СЖ) включений, захваченных из вскипающих растворов.

Исследования проводились на газовом хроматографе серии "Гвет-1000" с пиролитической приставкой П-75, позволяющей вести пиролиз в динамическом и статическом режиме в диапазоне 100-900°C. Из параллельных навесок проводился анализ с применением детектора тепло-

проводности (для определения  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ) и пламенно-ионизационного (для углеводородов).

На термокинетических кривых газовыделения зафиксированы два максимума, отвечающие температурным интервалам 200-300°C и 300-400°C. Первому интервалу отвечают максимумы выделения  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\Sigma$  УВ, второму -  $\text{CO}_2$ . Два пика максимального газовыделения объясняются присутствием в пробе систем разнонаполненных включений, температура декрепитации которых, при равенстве всех других параметров (форма, размер и т.п.), определяется общим удельным весом флюида. Соответственно первый, более низкотемпературный пик связан с вскрытием СЖ включений (относительно низкое предельное давление вскрытия), второй, более высокотемпературный - вскрытием СГ включений (относительно высокие предельные давления). Это позволяет получать информацию о газовом составе жидкой и паровой фаз вскипающего флюида, раздельно консервировавшихся во флюидных включениях минералов.

Концентрация  $\text{CO}_2$  в жидкой фазе флюида (СЖ включения) составляет 0,3-0,5 М. В паровой фазе (СГ включения) концентрации значительно выше, (2,9-10,9 М), что объясняется сепарацией подавляющего количества  $\text{CO}_2$  в пар.

Совпадение максимумов на кривых газовыделения  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\Sigma$  УВ может свидетельствовать об отсутствии углеводородов в паровой фазе флюида. Интенсивное выделение углеводородов в интервале 200-300°C, очевидно, связано с пиролизом высокомолекулярных нерастворимых органических соединений, которыми часто обогащены поверхностные метеоритные воды Закарпатья. Для различных типов кварцевых агрегатов рудного поля суммарное содержание углеводородов во включениях при пересчете на метан составляет 0,6-1,2 М.

В работе предложен возможный вариант эволюции газового состава флюидных включений в кварце Береговского рудного поля, включающий кипение растворов, восходящую миграцию отделившейся парогазовой смеси и ее конденсацию в холодных приповерхностных водах, а также взаимодействие растворов с вмещающими породами, обогащенными органическим веществом.

М.О. Витык (ИГГТИ АН Украины,  
г. Львов),

Ю.Н. Демихов (ИГЧМ АН Украины, г. Киев),

Л.З. Скандун (ЛГУ, г. Львов)

#### ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ ФЛОИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ БЕРЕГОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЗАКАРПАТЬЕ)

Проанализированы результаты изотопного исследования кислорода и водорода воды флюидных включений в кварцевых агрегатах Береговского золото-полиметаллического рудного поля. Показано, что основным источником кварцобразующих растворов были метеорные воды, прошедшие различные пути изотопного изменения в зависимости от специфики процесса минералообразования.

В основу дальнейшего анализа положено предположение об отсутствии заметного фракционирования изотопов кислорода между кварцем и водой в его флюидных включениях. Согласно этому рассматривалась разница изотопного состава  $\delta^{18}O$  флюида, полученного расчетным путем (на основе известных температур гомогенизации первичных и ранневторичных включений и уравнения фракционирования в системе вода-кварц) и путем измерения изотопного состава воды включений. Проверка проводилась механическим дроблением.

Разница между расчетными ( $-4,1 - -3,0\%$ ) и прямыми ( $-5,9 - -5,0\%$ ) значениями  $\delta^{18}O$  флюида для жильного кварца глубоких осевых участков рудообразующей системы небольшая и составляет  $0,9-2,9\%$ . Это объясняется генетической однотипностью флюидных включений в кварце, характеризующихся узким интервалом  $T_{гом}$  ( $230-240^\circ C$ ) и солоностью ( $6,0-10,5 \text{ мас.}\% \text{ NaCl экв.}$ ). Некоторое превышение расчетных изотопных значений кислорода над прямыми объясняется вкладом растворов поздне-вторичных включений, характеризующихся меньшим кислородным сдвигом по сравнению с первичным минералообразующим флюидом.

Для кварца золоторудных штоковерковых зон разница между расчетными ( $+3,5 + 6,3\%$ ) и прямыми ( $-2,1 - -0,9\%$ ) величинами  $\delta^{18}O$  резко возрастает и составляет  $5,6-7,2\%$ . Это объясняется присутствием в кварце нескольких генетических генераций существенно жидкие включения, содержащих изотопно неоднородные растворы, с широким диапазоном  $T_{гом}$  ( $160-250^\circ C$ ) и солоности ( $0,0-14,5 \text{ мас.}\% \text{ NaCl экв.}$ ).

Для жильного кварца верхних периферических участков рудной системы, в отличие от других кварцевых агрегатов, рассчитанные величины ( $-4,2 + -3,9\%$ ) ниже измеренных ( $-4,0 + -1,9\%$ ). Кварц содержит две генерации включений: системы сингенетичных ранневторичных существенно газовых и существенно жидких включений (захваченные из кипящего флюида) и более поздние существенно жидкие ранневторичные включения (конденсатный флюид). Предполагается, что основной вклад изотопно-тяжелого кислорода осуществлялся водой включений второй генерации.

Результаты исследования предполагают более пристальное внимание к использованию комплексного (расчетного и прямого) анализа изотопного состава кислорода флюидов кислородоодержащих минералов.

В.Н. Сазонов, В.В. Мурзин, И.А. Шумилов  
(ИГТ УрО РАН, г. Екатеринбург)

#### ИСТОЧНИКИ, СОСТАВ И ЭВОЛЮЦИЯ ГИДРОТЕРМ, СФОРМИРОВАВШИХ ВОРОНЦОВСКОЕ ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (по результатам изучения ГЖВ и изотопов O и C карбонатов)

Месторождение относится к карлинскому типу, расположено на Северном Урале в пределах субмеридиональной зоны тектоно-магматической активизации ( $D_2-C_2$ ). Оруденение прожилково-вкрапленного типа, сопряжено с низкотемпературными метасоматитами (кварц-серицитовыми, джапероидами и др.). Менее интенсивное золотооруденение (кварц-жильное и прожилково-вкрапленное) установлено в кварцах (преимущественно с медно-магнетитовой минерализацией), кварцевых жилах (сопровождаются березитами-лиственитами) и в зонах развития медно-порфировой минерализации (в эпидиоритовых кварц-серицитовых метасоматитах).

Исследовался газовый состав ГЖВ, а также изотопный состав C и O дорудных, рудных и послерудных карбонатов. Выявлены различия газового состава во включениях, декрепитировавших в интервалах  $T$  до  $200$  и  $200-500^\circ C$ . Низкотемпературные включения в отличие от высокотемпературных характеризуются существенно меньшей величиной  $CO_2/H_2O$ , что обусловлено образованием первых в открытой, а вторых в замкнутой системах. Во втором случае наряду с  $CO_2$  (силь-

но преобладает) отмечается  $\text{CO}$ . Углеводороды свойственны ГЖВ обеих Т-групп. Среди них преобладают  $\text{C}_n\text{H}_m$ . Последнее наиболее сильно проявлено в высокотемпературных ГЖВ, в особенности в карбонатах продуктивных минеральных ассоциаций. Количество азота ничтожно мало во включениях обеих групп.

Выяснилось, что при переходе от низкотемпературных метасоматитов к скарнам (повышение Т) отмечается обогащение гидротерм магматическим изотопом  $^{13}\text{C}$ . Следовательно, на высокотемпературных стадиях формирования гидротермальных месторождений существенна роль глубинных флюидов. Вадозные и поровые воды при этом, по-видимому, "отжимаются" за пределы рудно-геохимической системы; с понижением Т они смешиваются с остывшими глубинными гидротермами, принимая участие в рудообразовании.

В.Ю.Прокофьев, З.Б.Афанасьева,  
Г.Ф.Иванова

(ИГХ СО РАН, г.Иркутск, ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### ХАРАКТЕРИСТИКА РУДООБРАЗУЮЩИХ ФЛЮИДОВ ОЛИМПИАДИНСКОГО Au-Sb-W МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

Олимпиадинское золото-сульфидное месторождение, содержащее сурьмяную и шеелитовую минерализацию, залегает в верхне-протерозойских породах зеленосланцевой фации метаморфизма над провасом кровли массива гранитоидов в пределах Центрального антиклинария Енисейского кряжа. Оруденение приурочено к терригенно-черносланцевым горизонтам метаморфической толщи и локализуется в метасоматически измененных породах на контакте кремнисто-карбонатных и кварцево-углеродистых сланцев. Генезис месторождения в целом, а особенно шеелитовой минерализации, дискуSSIONЕН.

Авторами были проведены термо- и криометрические исследования флюидных включений в кварце и шеелите различных минеральных ассоциаций месторождения, а также в безрудном кварце метаморфогенных кварцевых жил.

1. Установлено, что флюиды безрудных метаморфогенных кварцевых жил представлены как газово-жидкими включениями, имеющими хлоридно-магнезиально-натровый состав раствора с концентрацией солей 10,6-9,5 мас.% экв. NaCl и незначительным содержанием  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ , так и собственно газовыми включениями. Состав газовой фазы

включений в кварце зависит от состава пород, вмещающих метаморфогенные кварцевые жилы: в безрудных кварце-сланцевых сланцах в рассматриваемых газово-жидких включениях преобладает  $\text{CO}_2$  (2,9-1,8 моль/кг раствора) с незначительной примесью  $\text{CH}_4$  (0,5-0,2 моль/кг раствора), в газовых -  $\text{CO}_2$  (0,97-0,95 мольные доли); в углеродистых сланцах рудовмещающего горизонта - в первых преобладает  $\text{CH}_4$  (3,0-2,3 моль/кг раствора) с примесью  $\text{CO}_2$  (около 0,7 моль/кг раствора), а в последних присутствует только  $\text{CH}_4$ .  $T_{\text{гом}}$  включений меняется от 390-350 до 240-210°C, а давление - от 1,9 до 1,5-1,1 кбар, что соответствует регрессивному этапу зеленосланцевой фации метаморфизма.

2. Включения рудообразующего флюида, обнаруженные в кварце и шеелите минеральных ассоциаций месторождения, также гетерогенны. Жидкая фаза включений имеет тот же хлоридно-магнезиально-натровый состав растворов и соленость, равную 4,2-12 мас.% экв. NaCl. Газовая фаза заметно отличается от рассмотренного выше флюида и характеризуется значительными вариациями соотношений  $\text{N}_2$  (мольная доля 0,95-0,1),  $\text{CO}_2$  (0,7-0,5) и  $\text{CH}_4$  (1,0-0,05).  $T_{\text{гом}}$  первичных, а также вторичных включений лежат в интервале 430-105°C, а давление флюида составляет 1,2-0,7 кбар. Выявлено две генерации шеелита. Высокотемпературный шеелит ( $T_{\text{гом}}$  430-370°C), обнаруженный в окварноидах, карбонатных метасоматитах и ранних кварцевых прожилках в кварце-углеродистых сланцах, имеет углекислотно-азотный состав газовой фазы. Для другого шеелита ( $T_{\text{гом}}$  200°C), связанного с поздним окварцеванием метасоматитов, установлен азотно-углекислотно-метановый состав газовой фазы. И в том и другом шеелите выявлены высокие содержания  $\text{N}_2$  (0,8-0,2 мольные доли) в газовой фазе. Анализ минеральных ассоциаций различных зон месторождения, свидетельствующий о начале выделения золото-содержащих сульфидов с ранним шеелитом, а сурьмяной минерализации - с поздним шеелитом, а также данные по флюидным включениям в шеелите и кварце различных генераций, указывают на изменение в процессе рудообразования газового режима флюидов от высоко- и среднетемпературных ассоциаций, богатых  $\text{N}_2$  ( $\text{N}_2\text{-CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{-CH}_4$ ), к поздним ( $\text{CO}_2\text{-CH}_4\text{-N}_2$ ), содержащим примесь  $\text{N}_2$ . Проблема природы азота во флюиде и его роли в рудоотложении требует дальнейших исследований.

В.В.Козлов, С.К.Смирнова (ИГТ АН  
Узбекистана, г.Ташкент),

Н.И.Замятин (ИГТ АН Р. Казахстана,  
г.Алма-Ата)

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ РУД  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАДАК (ВОСТОЧНЫЙ УЗБЕКИСТАН) ПО ДАННЫМ  
ИЗУЧЕНИЯ ФЛИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ И СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ

Убогосульфидное золото-серебряное месторождение Чадак представляет собой серию субмеридиональных жил оложного минерального состава, расположенных в экзо-эндоконтактной части многофазной гипабиссальной гранитоидной интрузии ( $C_3-P_1$ ) и вылежавшей толще андазитовых вулканитов ( $C_1-P_2$ ). К-Аг абсолютный возраст жил - 249-270 млн. лет ( $P_1-P_2$ ). В жилах совместно типичное эпitherмальное золото-серебряное оруденение и более поздние скарноиды гранат-воластонитового состава. Выделяется три этапа гидротермальной активности: 1) адуляр-кальцит-кварцевый, продуктивный; 2) кальцит-гроссуляр-воластонитовый с наложенной кварц-гематитовой и серебро-полисульфидной минерализацией; 3) кальцит-кварцевый.

Для продуктивной минеральной ассоциации выполнено сопоставление термометрических данных, полученных разными методами: по температурам гомогенизации флюидных включений (150-270°C, с пиком в интервале 180-210°C), Na-K-Ca геотермометру по водным вытяжкам (215-280°C; полученные значения температур на 20-50°C выше соответствующих средних температур гомогенизации), изотопно-кислородному геотермометру по паре кварц-адуляр (193±30°C соответствует средней температуре гомогенизации включений). Термометрия по составам сосуществующих акантита, алектрума, офелерита и пирита дает завышенные оценки температуры (260-350°C). На участках богатых руд ряд признаков указывает на отложение их из вскипающих растворов: как правило, здесь наблюдаются группы газовой-жидкой, газовой-жидкой и жидкой включений и включений, содержащих переменные количества жидкой уголекислоты (4-15 мол.%). По данным газохроматографических анализов и атомно-абсорбционных анализов тройных водных вытяжек из кварца, руды отлагались из хлоридно-бикарбонатных калий-натрий-кальциевых растворов низкой солености, характеризующихся отношениями (атм.) Na/K 3,5-5,5; Ca/Na+K 3,4-9,3; CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> 96-110; общая концентрация CO<sub>2</sub> не превышала 3,5 мол.%, концентрация Cl 1,5 мол.%.

Температура образования жильных скарноидов оценена по минеральным равновесиям - 550-450°C. Связанная с ними полисульфидная минерализация отлагалась при температуре 370-200°C. В ассоциирующем с сульфидами эпидоте обнаружены включения высокой солености - до 30-35 мас.% NaCl.

Минеральные ассоциации позднего этапа отлагались в интервале температур от 200 до 70°C из растворов низкой солености.

Термометрические данные использованы при интерпретации результатов изотопных анализов кислорода кварца и карбонатов. Наблюдается положительная корреляция содержания золота в рудах и величины  $\delta^{18}O$  кварца: участки богатых руд характеризуются значениями  $\delta^{18}O_{K\beta}$  9,2 + 12,4% (smow), бедные руды и безрудные жилы - +1,9 + 8,6%. Кальциты раннего этапа минерализации отличаются довольно узким интервалом  $\delta^{18}O$  от 4,1 до 6,6%. Расчетные значения  $\delta^{18}O$  флюидов разделяются на две группы:  $\delta^{18}O_1 = -1,5 \pm 1\%$  характерны для участков богатых руд;  $\delta^{18}O_2 = -7,0 \pm 1\%$  - для бедных руд и безрудных жил. Кальциты отлагались преимущественно из флюидов второй группы. Внутри выделенных групп различия в изотопном составе кварца и карбонатов объясняются отложением при различных температурах в интервале 250-150°C (для карбонатов - 220-130°C). Изотопный состав кислорода в воластоните ( $\delta^{18}O = 2,4\%$ ) позволяет предполагать участие в формировании скарноидов вод, обогащенных тяжелым изотопом ( $\delta^{18}O \sim 3,2\%$ ). Наиболее поздние кварц-кальцитовые и кальцитовые прожилки ( $\delta^{18}O$  кальцита -3,3 + 2,6%) отлагались из вод с величиной  $\delta^{18}O = -16 \pm 1\%$  при температуре ниже 140°C.

Полученные данные свидетельствуют, что значительную долю в составе минералообразующих растворов составляли метеорные воды, либо испытывавшие частичный изотопный обмен с вмещающими изверженными породами, либо содержащие примесь магматических вод. Примесь последних, вероятно, имела место в составе флюидов рудной стадии и стадии образования скарноидов. Летучие компоненты флюидов - сера ( $\delta^{34}S$  сульфидов 0,8 + 5,8%), а также, по-видимому, хлор - имели глубинный источник, тогда как углерод ( $\delta^{13}C$  карбонатов -3,9 + 0,4% PDB) мог заимствоваться при декарбонатизации известняков. Жилы и прожилки поздних стадий минерализации отлагались из чисто метеорных вод и не содержат рудной минерализации.

Н.Н.Бараноча, Т.Г.Дарьина, Н.Н.Колпакова,  
С.В.Козаренко, В.А.Коваленкер  
(ГЕОХИ, ИГЕМ РАН, г.Москва)

### О ВЗАИМОСВЯЗИ МЫШЬЯКА, СУРЬМЫ, ТЕЛЛУРА, СУЛЬФИДНОЙ СЕРЫ И ЗОЛОТА В СОСТАВЕ ФЛИКДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦАХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Методами нейтронной активации и атомной абсорбции в термическом варианте исследованы флюидные включения трех месторождений золото-сульфидной формации на содержание  $\text{As}$ ,  $\text{Sb}$  и  $\text{Te}$ . Потенциометрическим методом с сульфид-серебряным электродом в тех же образцах выполнены определения концентраций сульфидной серы.

Установлено, что концентрации элементов по стадиям минералообразования изменяются в интервале: для золота от  $10^{-6}$  до  $10^{-5}$ , мышьяка от  $10^{-3}$  до  $10^{-2}$ , сурьмы от  $10^{-3}$  до  $10^{-1}$ , теллура от  $10^{-6}$  до  $10^{-2}$  и сульфидной серы от  $10^{-5}$  до  $10^{-1}$  М.

Показано, что существует в основном прямая зависимость между содержаниями  $\text{As}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{As}$  и сульфидной серы, особенно в позднерудные стадии процесса, и обратная — между содержаниями  $\text{As}$  и  $\text{Te}$ .

На основе полученных аналитических данных и с учетом близости химических свойств  $\text{As}$ ,  $\text{As}$  и  $\text{Sb}$  в серосодержащих растворах сделан вывод о возможности их совместного переноса в форме гетерополимерных комплексных соединений. Значительные концентрации теллура, вероятно, участвуют в создании условий, благоприятных для осаждения золота.

А.С.Борисенко, А.А.Боровиков, Ю.М.Ишков  
(ОИГТИМ РАН, г.Новосибирск)

### СОСТАВ, КОНЦЕНТРАЦИЯ И МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ РУДООБРАЗУЮЩИХ ФЛИКДОВ СЕРЕБРО-СУРЬМЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПАМИРА

На территории юго-восточного Памира широко развито серебряное оруденение, относимое к серебро-сурьмяной рудной формации. Оно представлено протяженными по латерали и вертикали жилами и жильными зонами, сложенными сидеритом, сурьмяными сульфосолями меди, свинца, серебра, а также галенитом, сфалеритом, халькопи-

ритом и минералами висмута. В пределах рудных узлов с серебро-сурьмяным оруденением глубоко вскрытых эрозией проведено изучение состава, концентрации и металлоносности рудообразующих растворов на различных уровнях (подрудном, рудном и надрудном). Это позволило проследить эволюцию физико-химических параметров процесса рудообразования по вертикали.

Для изучения физико-химических параметров формирования руд, кроме традиционных термобарогеохимических методов (гомогенизация, криометрия), был применен комплекс инструментальных методов анализа: лазерно-спектральный микроанализ индивидуальных включений и анализ солевых остатков индивидуальных включений с помощью рентгеноспектрального микрозонда.

Участки, расположенные в зоне рудоконтролирующего разлома или вблизи него висячем крыле фиксируют некую центральную часть зоны рудоотложения, являющуюся центром эндогенной зональности рудного поля. На глубоко эродированных проявлениях этой части поля (подрудный уровень) рудообразующие растворы имели температуру  $280-230^{\circ}\text{C}$ , концентрация солей составляла  $\text{NaCl}$  до 33 мас.%,  $\text{KCl}$  от 4,5 до 6 мас.%,  $\text{FeCl}_2$  до 170 г/л или 13 мас.%, отмечается присутствие  $\text{Ca}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Li}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Sr}$ . Газовая фаза представлена  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ . Эти растворы характеризуются наиболее высокими содержаниями рудных компонентов:  $\text{Cu}$ , до 1,1 г/л,  $\text{Ag}$  до 15 г/л (лазерный микроспектральный анализ) и до 0,1 г/л (микрорентгено-спектральный анализ).

Вверх по восстанию рудных жил и в стороне от Акджилгинского разлома наблюдается постепенное направленное изменение физико-химических параметров минералообразующих растворов, которое выражается в снижении их температуры и концентрации растворенных компонентов. Особенно контрастно такие изменения прослеживаются вдоль субмеридиональных зон.

На рудном уровне температуры минерализации не превышали  $230^{\circ}\text{C}$  ( $230-140^{\circ}\text{C}$ ), концентрация растворов была ниже на 5-10 мас.%. Состав газовой фазы не меняется. Рудные компоненты присутствуют в меньших количествах  $\text{Fe}$  от 3,6 до 9,5 г/л,  $\text{Pb}$  0,5 г/л, а серебро (0,28 г/л) существующими методами устанавливается только на глубоких горизонтах.

На более высоких горизонтах (надрудный уровень) и на удалении от зоны Акджилгинского разлома параметры минералообразования резко меняются, температура снижается до  $120-100^{\circ}$ , концентра-

ция растворов колеблется от 0 до 6 мас.%. Рудные элементы не фиксируются.

Таким образом, проведенные исследования показали:

1. Высокие концентрации рудных компонентов, зафиксированные в растворах подрудной зоны, свидетельствуют, что в этой части рудообразующей системы дренировались неотработанные металлоносные гидротермы, сбросившие свою рудную нагрузку лишь на более высоких уровнях в зоне рудоотложения.

2. Главными рудными компонентами, достоверно определенными существующими методами, в растворах включений являются Fe, Cu, Ag, относящиеся к основным компонентам руд.

3. Главным фактором рудоотложения явилось резкое изменение физико-химических параметров рудообразующих растворов, связанное, по-видимому, с процессом смешения глубинных концентрированных хлоридных растворов со слабоминерализованными хлоридными экзогенными водами, на что косвенно указывают данные по изотопному составу кислорода и серы.

А.Д.Матвиенко, Ю.А.Новосальцев,  
Э.В.Мельничук, Б.Э.Сахно

(ИГГТИ АН Украины, г.Львов; Правобережная ГРЭ,  
г.Балая Церковь)

#### НЕКОТОРЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФЛЮОРИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ БАХТЫНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (УКРАИНА)

Бахтынское рудное поле расположено на юго-западном склоне Украинского щита в Среднем Преднепровье. Здесь кристаллический фундамент докамбийского возраста перекрыт вендовскими и мезокайнозойскими отложениями мощностью до 120 м, а в западной части района обнаружены рифейские вулканогенно-осадочные образования (базальты, туфы). Характерной особенностью рудного поля является присутствие здесь двух типов флюоритового оруденения - Виножского гидротермального (секущие жилы в кристаллическом фундаменте) и Бахтынского стратиформного в осадочном чехле. Геологическая связь и возрастное взаимоотношение этих рудопоявлений неясны, поэтому нами сделана попытка с применением методов термобарогеохимии исследовать их генетическую общность.

Виножское сульфидно-флюоритовое рудопоявление представляет собой крутонадакшую жилу непостоянной мощности (до 1,5 м) субши-

ротного простирания. Выполнена она крупнокристаллическим голубовато-зеленым флюоритом, белым кальцитом, галенитом и сфалеритом. Бахтынское флюоритовое месторождение представлено пластами и линзами (мощностью 0,4-6 м) оплавленными ольчеваевских и ямпольских аркозовых песчаников (волинская серия), в которых карбонатный и глинистый цемент замещен фиолетовым или бесцветным флюоритом.

Исследование температурных условий образования флюорита (методом гомогенизации газово-жидких включений) показало, что кристаллизация виножского флюорита происходила в интервале 330-110°C, а флюорита песчаников - 140-95°C. В обоих типах флюоритов обнаружены группы разнонаполненных включений, свидетельствующие о нестабильных условиях кристаллизации.

Исследование состава газовой фазы флюидных включений (массо-спектрометрия) показало, что в жильном флюорите (как и в кальците) доминирует метан (78,5-89,7%), а другие газы имеют подчиненное значение (CO<sub>2</sub> - до 10,8%, N<sub>2</sub> - до 21,5%). В газовой фазе флюорита из песчаников состав газов весьма непостоянен - в бесцветном флюорите преобладает углекислота (до 78%), в фиолетовом - азот (до 68%). Содержание метана колеблется в пределах 9,5-32,0%. Представленные выше данные свидетельствуют о том, что оба типа флюоритового оруденения существенно различаются по физико-химическим параметрам кристаллизации.

Таким образом, можно считать доказанным, что исследуемые флюоритовые рудопоявления являются производными одного долгоживущего магматического очага, но формировались в неодинаковых геологических условиях и в разных зонах воздействия гидротерм (вулканического происхождения) на вмещающие породы.

В.С.Полыковский  
(ИГО "Ташкентгеология",  
г.Ташкент)

#### О ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ И СОЛЕВОМ СОСТАВЕ РАСТВОРОВ, УЧАСТВОВАВШИХ В ОБРАЗОВАНИИ ФЛЮОРИТА, ПРИГОДНОГО ДЛЯ СИНТЕЗА ОПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ

(на примере месторождения в Тянь-Шане)

Изученные флюоритоносные тела локализируются в карбонатных породах нижнего карбона, контролируясь широтной зоной экзоконтакта последних с интрузивом гранитоидного состава, имеющим нижнепермокий возраст.

Согласно выполненным определениям в плавленых пробах обнаружено 25 минералов, главным из которых являются флюорит, кварц и карбонат.

Все изученные флюориты содержат многочисленные включения растворов, при участии которых происходило их образование.

По своему генезису в соответствии с классификацией Н.П.Ермакова включения в описываемых флюоритах подразделяются на первично-сингенетические, мнимовторичные-субгенетические и вторичные эпигенетические.

Первичные и мнимовторичные включения при комнатной температуре почти всегда двухфазовые газовой-жидкой, с объемом жидкой фазы 80-90% от объема вакуоли. Кроме того, во включениях в флюоритах рудных тел № II, 2I изредка устанавливается присутствие углекислоты. Минералы - "узники" во включениях присутствуют очень редко. Они имеют форму кубов, бесцветные, прозрачные и по совокупности признаков должны быть отнесены к минералу-галиту. Морфология включений, присутствующих во флюоритах, была изучена и описана в процессе осуществлявшихся работ и при этом выделены следующие основные группы:

1. Негативные кристаллы, представляющие собой включения правильной или приблизительно правильной формы. Стенки этих включений ограничены гранями кубов, додекаэдров, ромбоэдров и др.

2. Полуограниченные включения, в которых сочетаются формы негативных кристаллов с участками включений, характеризующихся оплавленными, вытянутыми, сглаженными и неправильными очертаниями. В большинстве случаев полуограниченные включения представляют собой группу первично-вторичных или мнимовторичных включений по классификации Н.П.Ермакова.

Включения трубчатой и угольчатой формы расположены обычно параллельно ребрам кристаллов флюорита. Длина их во много раз превышает ширину, а сечение таких вакуолей обычно круглое, треугольное или трапециевидное, причем конусы их могут быть расщепленными или частично ограничены.

Включения неправильной формы - булавовидные, каплевидные, серповидные, амбовидные и другие обычно свойственны вторичным включениям.

Максимальные температуры, при участии которых происходило образование флюоритовых тел № II, 2I, не превышают 235-215-170°C.

Основная часть гидротермальных растворов характеризовалась температурами 170-140°C. Минимальные установленные температуры позд-

них порций гидротермальных растворов находятся в интервале 100-63°C. Все включения гомогенизируются в жидкую фазу, что свидетельствует о гидротермальной природе флюоритоносных растворов.

Сопоставления термометрических характеристик, определенных по включениям во флюоритах из рудных тел № II, 2I, свидетельствуют о их близости между собой и указывают на единую стадию формирования этих образований. То же следует из анализа результатов сопоставления температур гомогенизации включений флюоритов, образовавшихся на поверхности и на уровне горизонта штольни № 24 (рудное тело № 2I).

Наряду с термометрическими исследованиями, были проведены работы по изучению солевого состава включений во флюоритах рудных тел № II, 2I месторождения Шаберез, которыми установлено, что по своему составу гидротермальные растворы могут быть отнесены к хлоридно-бикарбонатно-сульфатному, бикарбонатно-хлоридно-сульфатному (рудное тело № 2I) и бикарбонатно-хлоридному (рудное тело № II) типам.

Исследования по определению состава минералообразующих растворов по газово-жидким включениям рекомендуется продолжить в направлении определения их газового состава. Это позволит получить дополнительные объективные критерии для прослеживания изменений состава рудогенерирующих растворов с глубиной, что имеет важное значение при определении направления геологоразведочных работ по конкретным рудным телам изучаемых месторождений.

В.С.Шайдацкая  
(ИГТИ АН Украины, г.Львов)

#### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ГАЛИТЕ ИЗ КАМЕННОЙ СОЛИ ДЕВОНА ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ

Микроскопическое изучение галита из каменной соли девона Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) показало, что углеводороды находятся в виде включений газовой, жидкой и твердой фаз. В зависимости от состава форма включений бывает кубическая, прямоугольная, округлая, овальная или неправильная. Размер колеблется от 10-15 до 100-150 мк.

При нормальных температуре и давлении выделены следующие типы включений. По генезису - первичные и вторичные. По агрегатному

состоянию выделены: 1) однофазовые, существенно жидкие, жидкая фаза состоит из углеводородов нефтяного ряда; 2) двухфазовые, жидкие, жидкая фаза состоит из соляного раствора и нефти; 3) газозо-жидкие, жидкая фаза, представлена нефтью, газовая - смесью газов; 4) трехфазовые, газозо-жидкие, жидкая фаза состоит из соляного раствора и нефти, газовая фаза представлена смесью газов; 5) существенно газозо-жидкие, состоящие из смеси газов; 6) газозо-жидкие включения с твердым битумом; 7) твердые включения, представленные битумным веществом; 8) многофазовые включения, в которых развиты углеводороды в твердой, жидкой и газовой фазах.

Образование и распространение углеводородных включений в галите определяются генетическим типом минерала. В седиментационном галите, образовавшемся в процессе сапки в соляном бассейне, во включениях углеводороды не встречены. В эпигенетическом галите, образовавшемся в результате перекристаллизации и преобразования первичноседиментационного, во включениях присутствуют углеводороды в составе газовой, жидкой и твердой фаз. Существенно газозо-жидкие включения встречаются редко. В большинстве случаев распространены газозо-жидкие, трехфазовые и многофазовые включения. Масс-спектрометрические определения состава включений в галите показали, что одним из компонентов газовой смеси является метан, содержание которого изменяется от 3,35 до 80,5%. Наиболее высокое содержание метана в составе газов включений характерно для галита из соляных структур, вмещающих скопления нефти и газа (Роменская, Солоницкая, Холмская и др.). Кроме метана, обнаружены такие  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$ ,  $C_5H_{12}$ ,  $C_6H_{14}$ . В тех случаях, когда жидкая фаза включений представлена нефтью и соляным раствором, последний имеет хлоркальциевый состав. Объем нефти в этих включениях колеблется от 5 до 40%. Для нефтегазовых включений характерно незначительное содержание углекислого газа и азота.

Результаты термометрических определений свидетельствуют что консервация углеводородных включений в галите происходила при температуре от 80 до 120°C. В таких же температурных условиях осуществлялись катагенетические преобразования девонской каменной соли ДЛВ в период формирования соляных штоков. В преобразовании галита существенную роль играли захороненные растворы: химический тип растворов был хлоридный, состав хлоркальциевый. По-видимому, именно в период формирования штоков по дизъюнктивным нарушениям проникали углеводороды, отдельно или вместе с мигрирующими растворами и захватывались зернами или кристаллами галита.

А.Г.Бушев, В.Ф.Пеньков,  
Н.А.Черкашина (ВИМС),  
Т.Л.Жуйкова (ВНИИГеол-  
информсистем)

#### УГЛЕВОДОРОДЫ В ПЕГМАТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ И ИХ ПОИСКОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

В газозо-жидких включениях минералов пегматитовых месторождений жадеитовой, редкоземельной, слюдоносной, редкометалльной и хрусталеносной формаций выявлены очень разнообразные по составу углеводороды.

Наибольшая часть их относится к предельным и непредельным углеводородам. Всего выявлено 35 видов этих соединений - от метана до триконтана. Наиболее распространенными среди них являются метан, пропан, гексан, пропилен и бутан. В значительном количестве отмечаются ароматические углеводороды. Выявлено до 9 соединений этого типа. В наибольшем количестве были отмечены амины, цианамины, битумы и спиртобензолные смолы.

Видовой состав и содержания углеводородов в пегматитах разных формационных типов значительно отличаются. Изучение пегматитового кварца и кварца ядер пегматитов показало следующие результаты.

Наибольшие концентрации углеводородов отмечаются в пегматитах редкометалльной формации. В них наблюдается наиболее широкий спектр углеводородов - достигающий 35-40 видов. Здесь широкое развитие имеют тяжелые непредельные и ароматические углеводороды.

В пегматитах слюдоносной формации выявлено до 20-28 соединений. В отличие от пегматитов редкометалльной формации количество тяжелых и ароматических углеводородов в 5-10 раз меньше. Наибольшая часть углеводородов относится к предельным углеводородам, ведущая роль принадлежит метану, этилену и пропилену. Относительно невысокие концентрации углеводородов отмечаются в пегматитах хрусталеносной формации. Видовой состав их беден. В основном преобладает метан, пропилен и бутан. Количество ароматических углеводородов в них незначительно. Интересной особенностью обладают пегматиты боро-литиевой специализации, содержащие полихромные турмалины. В них отмечается высокая концентрация тяжелых непредельных углеводородов от изогексана до нормального гептана.

В пределах пегматитовых полей отмечается разная насыщенность минералов углеводородами из жил с неодинаковой рудной специализацией. Так, в кварце Кыштымской провинции, содержащем мусковит, концентрация ароматических углеводородов в 10–20 раз выше, чем в кварце безрудных жил.

Изучение полей слюдоносных пегматитов показало отличие продуктивных жил от непродуктивных по содержанию предельных и непредельных углеводородов. Для высокопродуктивных жил характерны содержания в кварце 0,8–1,4 см<sup>3</sup>/кг, а для малопродуктивных и непродуктивных – 0,2–0,4 см<sup>3</sup>/кг.

Концентрация углеводородов по вертикали крупных пегматитовых тел с размахом 200–400 м различна, что позволяет использовать эту особенность для определения уровня эрозионного среза жил. В верхних частях жил большей концентрации достигают легкие предельные углеводороды – метан и этан, при общих более высоких содержаниях. В донных частях жил содержания их падают при возрастании количества пентана, гексана и гептана.

Выявленные закономерности позволяют использовать видовой состав и содержания углеводородов в качестве поисковых и поисково-оценочных критериев на разных стадиях геологоразведочных работ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИИ  
ПРИ ПОИСКАХ, РАЗВЕДКЕ И ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКПАЕМЫХ И ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДРУГИХ  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

И.Л.Комов  
(ИГЕМ, г.Киев)

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЕКРЕПТОФОНИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКАХ

Использование данных декрептометрических исследований в комплексе с изучением первичных ореолов элементов-индикаторов позволяет: 1) проводить поиски слепых рудных тел; 2) определять уровень их эрозионного среза; 3) оценивать перспективы продуктивности участков развития кварцевых жил и зон гидротермального пропаривания.

Определение элементов-индикаторов оруденения и проведение декрептометрических анализов можно осуществлять на основе исследования материала одной пробы. Экономическая эффективность исследований увеличивается при извлечении навески для декрепитации газовой-жидких включений при сокращении пробы после ее измельчения на валках. Изучение водных, водно-углекислых, твердых включений позволяет объективно обосновать типоморфные элементы-индикаторы конкретных месторождений. При этом для определения состава жидких включений можно применять гамма-облучение, оптические и термические методы. При ионизирующем облучении минералы-узелки во включениях имеют характерную окраску: NaCl - желтую, KCl - густо-синюю, NaF - коричневую.

При общих поисках данные исследований декрепитации газовой-жидких включений позволяют определять относительные температуры площадного пропаривания пород и устанавливать природу геохимических аномалий (пневмолито-гидротермальную, осадочную, гипергенную). Выделяются локальные зоны гидротермального пропаривания.

При детальном поисковых и поисково-оценочных работах по соотношению первичных ореолов и зон пропаривания проводится оценка геохимических аномалий и выделяются наиболее перспективные зоны. К числу перспективных относят участки с резко неравномерным распределением элементов и развитием ореолов выноса элементов в пределах зон пропаривания. Последние в ряде случаев отчетливо выявляются при помощи термографии и на основе определения величин потерь при прокаливании пород. Целесообразно определять температурную зональность ореолов пропаривания в связи с геохимической зональностью оруденения. В последнем случае особо эффективно

изучение термальных форм возгонки ртути в породах. Вблизи рудных тел устанавливается многоформный характер возгонки ртути: 100°C - элементарная ртуть, 100-180°C - оксихлориды, 180-230°C - хлоридная, 230-280°C - фторидная, 280-330°C - сульфидная и более 400°C - изоморфная. Ступенчато-нисходящий ряд температур возгонки ртути в эндогенном ореоле имеет направленность снизу вверх - изоморфная-сульфидная-галогидная-самородная ртуть. При поисках слепых рудных тел определяют коэффициент зональности ( $K = a/b$ ), где  $a$  - ртуть с низкой температурой и  $b$  - ртуть с высокой температурой возгонки.

Совместное использование геохимических методов с изучением декрепитации газовой-жидких включений в минералах, породах и рудах приведет к повышению геологической эффективности поисково-оценочных работ.

Е.В.Толмачева, С.Д.Великославинский  
(ВСЕГЕИ, ИГТД АН, г.Санкт-Петербург)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ  
ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ РАННЕГО ДОКЕМБРИЯ  
(АЛДАНСКИЙ ШИТ)

При геологосъемочных работах термобарогеохимические методы могут успешно применяться при решении широкого круга дискуссионных проблем, так как высокая степень метаморфизма и гранитизации существенно снижают достоверность результатов, получаемых в процессе геологических и петро-геохимических исследований. К подобным проблемам относятся:

1. Реконструкция первичной природы глубокометаморфизованных, гранитизированных и рассланцеванных пород основного состава. При отсутствии в минералах первичных расплавленных включений, гомогенизированной при нагревании при  $T^{\circ}C$  более 1000°C является признаком магматогенной природы пород. Слабая степень раскристаллизации расплавленных включений, наличие в них стекла и зависимость  $T^{\circ}C$  гомогенизации от состава в толщах переслаивания пород основного и среднего состава позволяют сделать вывод о вулканогенной природе толщ. Наличие хорошо раскристаллизованных расплавленных включений и высокие температуры их гомогенизации (1250-1350°C) в амфиболитах являются признаком их интрузивной природы.

2. Возрастное или формационное расчленение гранитоидов. Особо актуально применение термобарогеохимических методов для геологически и петрогеохимически близких разновозрастных автохтонных гранитоидов. В пределах Алданского щита они наблюдаются в трех разновозрастных подразделениях: в комплексе основания (инфракомплексе), в верхнеалданской и фелоровской сериях. Исследование в них включений, результаты газовой хроматографии и метода водных вытяжек привели к выводу (таблица) о их формировании в различных условиях, что позволило более аргументированно подтвердить полициклическую модель гранитообразования в раннем докембрии.

| Термобарогеохимические характеристики        | Инфракомплекс                      | Верхнеалданская серия      | Фелоровская серия                     |
|--|------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
|  | Гранитоиды                         |                            |                                       |
| Содержания $H_2O$ в расплавах                | -                                  | 1-1,5                      | 2,0-2,5                               |
| Количество первичных водно-солевых включений | Редки                              | Мало                       | Очень много                           |
| Состав твердых фаз в первичных включениях    | Гели кремнезема                    | Хлорид натрия              | Хлориды, карбонаты, гематит, магнетит |
| $H_2O/CO_2$                                  | 22,9                               | 16,5                       | 7,9                                   |
| Время отдаления флюида от расплава           | В середине процесса кристаллизации | В конце процесса           | В начале процесса                     |
| P-T - условия кристаллизации                 | T=800-920°C<br>P=2,5-3,0 кб.       | T=820-910°C<br>P=4-4,5 кб. | T=780-810°C<br>P=5-5,5 кб.            |
| Условия кристаллизации                       | Изобарическое остывание            | Изобарическое остывание    | Изотермическая декомпрессия           |

3. Корреляция гранитоидных образований неизвестного положения и возраста с эталонными гранитоидами, для которых разработан комплекс термобарогеохимических характеристик, типизируем с эталонные типы гранитоидов.

Ю.Т.Хоменко, П.Н.Баранов  
(ДТИ, г.Днепропетровск)

### КРИТЕРИИ РАСЧЛЕНЕНИЯ ГРАНИТОИДОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКОГО БЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА

Включения в кварце гранитоидов центральной части Среднеприднепровского блока Украинского щита подразделяются на реликтовые, сингенетические и эпигенетические. Критериями расчленения гранитоидов являются сингенетические включения рутила, ильменита, сфена, эпидота, силлиманита, которые отражают специализацию минералообразующей среды кварца и образуют пять ассоциаций (таблица).

| № п/п | Наименование породы                | Критерии                   |
|-------|------------------------------------|----------------------------|
| 1.    | Гранитизированные амфиболиты       | Ильменит<br>Рутил<br>Сфен  |
| 2.    | Лейкократовые и нормальные граниты | Сфен<br>Эпидот             |
| 3.    | Пегматоидные граниты               | Рутил<br>Силлиманит        |
| 4.    | Плагиограниты                      | Ильменит<br>Сфен<br>Эпидот |
| 5.    | Биотитовые гнейсы                  | -                          |

П.Н.Баранов  
(ДТИ г.Днепропетровск)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ КВАРЦА В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Кварц гранитоидов Западного Приазовья Украинского щита содержит твердые (реликтовые, син-, эпигенетические) и флюидные (эпигенетические, метасоматические) включения. Критериями расчленения послужили включения сингенетического силлиманита, рутила, сфена, ильменита, сподумена и эпигенетического рутила, сподумена, сжижающей и газовой углекислоты. На основе их крупномасштабного картирования установлено, что гранитоиды Западного Приазовья имеют

титанистую, алюминиевую, алюминиаво-титанистую, алюминиаво-литиевую, литиевую, редкоземельно-литиевую специализацию минералообразующей среды кварца. Титанистые гранитоиды пространственно совмещены с супракристалльными образованиями западноприазовской серии (амфиболитами, биотит-амфиболитовыми гнейсами), а алюминиавые с центральноприазовской (амфибол-биотитовыми, биотитовыми гнейсами). Граница между двумя группами гранитоидов является рудомещающей на редкометалльные, редкоземельные и керамические пегматиты. Результатом проведенных работ послужила корреляционная схема гранитоидов Западного Приазовья, оснащенная надежными и однозначными критериями. С ее помощью представляется возможность сопоставлять гранитоиды Западного Приазовья с гранитоидами других блоков Украинского щита, а также с гранитоидами других щитов.

Для кварца керамических и сподуменовых пегматитов Шевченковской структуры Украинского щита характерны реликтовые и сингенетические включения сподумена. Реликтовые включения устанавливаются в микроклиновых, олигоклазовых пегматитах и указывают на формирование последних за счет сподуменовых пегматитов. Керамические пегматиты генетически связаны и пространственно совмещены с гранитоидами с алюминиевой специализацией. Сингенетические включения сподумена характерны в основном для сподуменовых, сподумен-альбитовых пегматитов и по мере удаления от рудных тел концентрация их падает. Полученная закономерность легла в основу нового способа прогнозирования сподуменовых пегматитов. Последние пространственно совмещены с супракристалльными образованиями западноприазовской серии, которые имеют относительно невысокую степень гранитизации, что обеспечивает сохранность сподуменовых пегматитов.

Кварц вулканитов содержит расплавленные и твердые включения. Расплавленные включения встречаются в каждом порфиритовом выделении, что обеспечивает их высокую информативность. Характеристики расплавленных включений подразделяются на общие (степень раскристаллизации, качественный состав) и частные (форма, размер, температура гомогенизации, количественный состав). Общие характеристики имеют выдержанные и однозначные параметры. Изучение их в эталонных разрезах Береговского района (Закарпатье) позволило выявить критерии расчленения, которые распространяются на меловые вулканиты Чукотки и палеогеновые Камчатки, т.е. они

являются единственными для липарито-игнимбритовых комплексов независимо от их возраста и места расположения. Крупномасштабное картирование общих характеристик расплавленных включений позволило установить площади распространения продуктов каждой фазы извержения, определить их фашиальные разновидности, выявить комагматичность пород.

В.А.Кормушин  
(Независимый термобарогеохимик,  
г.Алма-Ата)

#### ЭКСПРЕСНЫЙ МИНЕРАЛОГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОИСКОВ СКРЫТЫХ ЭНДОГЕННЫХ РУД

В основе метода лежат известные представления Н.П.Ермакова (1966) о существовании вокруг гидротермальных рудных тел зоны распространения вторичных газовой-жидких включений - "зоны пропаривания". Нами (1988) было предложено эту зону именовать "зоной флюидного воздействия" (ЗФВ). В дальнейшем эта идея получила конкретное подтверждение в работах многих исследователей. Было показано, что ЗФВ широко развиты и устойчиво сопровождают рудные тела различных генетических типов. По объему ЗФВ нередко значительно превышают объемы окolorудных изменений и геохимических ореолов.

Для выявления ЗФВ обычно применяется декрепитационный анализ (метод термовакууметрии и термозвуковой декрепитации, выполняющийся, как правило, в стационарных условиях).

В целях повышения производительности труда и оперативного получения информации о ЗФВ предлагается использовать минералогетермометрический анализ (Ермаков, 1960) только на стадии изучения включений в статическом режиме, т.е. без применения нагревательных и охлаждающих устройств. Сущность предлагаемого способа заключается в обнаружении ЗФВ и ее оконтуривание по флюидным включениям, отчетливо фиксируемые в прозрачных под микроскопом минералах (например, кварце), вмещающих горных пород.

Методика предусматривает отбор образцов, камерсионных препаратов и их изучение под микроскопом в полевых условиях.

Предлагаемый способ обладает высокой надежностью и достоверностью. Его экономичность и экспрессность не может не привлечь внимание геолога-поисковика эндогенных руд.

В докладе рассматриваются методики отбора образцов и подготовки препаратов с использованием рациональных приемов, а также некоторые аспекты применения способа и интерпретации результатов.

И.В. Попивняк, В.П. Гриб, В.И. Гринчук,  
С.П. Главатских, В.Н. Ширококов  
(Львовский госуниверситет, ИГО "Архангельская геология")

#### ДЕКРЕПИТАЦИОННОСТЬ И ГАЗОНАСЫЩЕННОСТЬ ПОРОД, ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ КИМБЕРЛИТОВЫЕ ТЕЛА

Начиная с 1976 г. в Якутской АССР и с 1988 г. в Архангельской области, лабораторией прикладной термобарогеохимии Львовского госуниверситета проводились опытно-методические исследования по выявлению и изучению ореолов пропаривания в породах вмещающих кимберлитовые тела.

Впервые было установлено (Попивняк, Мязь, 1977), что вблизи кимберлитовых трубок вмещающие породы характеризуются декрепитационностью, превышающей фоновые значения в 3-10 раз, при этом площади выявленных декрепитационных ореолов пропаривания оказались значительно (в 2-4 до 6-7 раз) больше площадей выхода кимберлитовых тел на уровне современной эрозионной поверхности.

Причины формирования ореолов пропаривания рассмотрены ранее (Ермаков, 1950, 1972; Попивняк, Мязь, 1977; Попивняк и др., 1982).

Учитывая то, что площади ореолов пропаривания значительно больше площадей выходов кимберлитовых тел становится очевидной целесообразность использования метода декрепитации при поисках кимберлитовых тел, особенно в геологически перекрытых районах.

Для проведения площадной декрепитационной съемки наиболее информативными являются такие признаки: интенсивность вакуумной дегазации при десорбции гигроскопических и пленочных вод, интенсивность дегазации при низко-, средне- и высокотемпературной декрепитации включений, дегазации при декрепитации ультрамикровключений или "разложении" известняков, а также температурные реперы: завершающая десорбция гигроскопической и пленочной воды, наиболее интенсивной дегазации из низко-, средне и высокотемпературных включений, декрепитации ультрамикровключений и "разложения" известняков. Благоприятное сочетание этих признаков является основой декрепитационного прогнозно-поискового критерия.

Кроме декрепитационного, нами разработан палеогазовый критерий. В его основе лежат закономерности, выявленные при изучении газонасыщенности пород, вмещающих кимберлитовые тела. Так, в пределах детально изученных декрепитационных ореолов вблизи эталонных рудных тел, методом каскадного хроматографического газового анализа выявлены аномалии окиси и двуокиси углерода, азота, водорода и метана. С помощью установленной закономерности возможно не только выявлять ореолы пропаривания, но и локализовать участки наиболее вероятного положения рудных тел во вновь выявленных участках аномальной декрепитационности и газонасыщенности.

Результаты опытно-методических работ последних лет по изучению декрепитационности пород, перекрывающих рудные тела, показали, что в надтрубочном пространстве породы также характеризуются аномальной декрепитационностью. Установлены соотношения размеров площадей декрепитационных аномалий и площадей самих трубок.

Изучение распределения палеогазов в ореолах, перекрывающих кимберлитовые тела, показали, что в надтрубочном пространстве перекрывающих пород характеризуются не только аномальной декрепитационностью, но и содержат аномальные количества таких газов, как  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ . Палеогазовые аномалии установлены на глубине 1, 5, 10 и 15 м от современной эрозионной поверхности.

В настоящее время планомерная декрепитационная и палеогазовая съемки проводятся в районах Западной Якутии и на ряде площадей Архангельской области.

Выявление закономерности также используются для заверки геофизических аномалий и поиска немагнитных трубок.

Б.И. Зорин  
(МГРИ, г. Москва)

#### ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИИ ПРИ ПОИСКАХ ПРОМЫШЛЕННО-СЛЮДОНОСНЫХ ПЕГМАТИТОВ

Минералого-термобарогеохимические поиски проводились на основе карт крупномасштабного структурного геокартирования.

Установлено, что образование промышленного муковита в пегматитах связано с резким увеличением кислотности слюдообразующих растворов, которые однозначно фиксируются по газово-жидким включениям в минералах пегматитовых жил газовой хроматографией.

Однако индикаторные значения соответствуют только лишь составу низкотемпературных газовой-жидких включений (таблица).

Средние содержания  $H_2O$ ,  $CO_2$  и  $C$  моль/кг в газовой-жидких включениях по температурным интервалам

| Температура, интервал                     | Масса $CO_2$ , $10^{-6}$ гр | Масса $H_2O$ , $10^{-6}$ гр | Концентрация $C$ , моль/кг |
|---|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| В пегматитах с промышленным мусковитом    |                             |                             |                            |
| 100-300°C                                 | 2,16                        | 15,88                       | 3,12                       |
| 300-460°C                                 | 1,388                       | 16,07                       | 1,95                       |
| 460-700°C                                 | 9,62                        | 21,86                       | 10,00                      |
| В пегматитах без промышленного оскопления |                             |                             |                            |
| 100-300°C                                 | 0,55                        | 11,16                       | 1,188                      |
| 300-460°C                                 | 1,44                        | 22,27                       | 1,47                       |
| 460-700°C                                 | 11,47                       | 31,70                       | 8,21                       |

Резкое увеличение кислотности растворов подтверждается и массовыми замерами декрептометрического анализа, а также химическим составом породообразующих минералов, электронно-микроскопическими исследованиями и рентгеноструктурным анализом.

Углекислотные растворы с высокой концентрацией  $CO_2$ , проникая во вмещающие породы, создают ореолы, ширина и радиус которых зависят от интенсивности и мощности проявления зон с концентрацией промышленного мусковита.

Установлена зависимость между концентрацией промышленного мусковита в пегматитах и содержанием  $CO_2$  в минералах газовой-жидких включений вмещающих пород.

Статистическая обработка проб и вынос результатов на крупномасштабную геоструктурную карту позволяет выделять оптимально надежные площади для проведения поисково-разведочных работ.

А.Г.Бушев, В.Н.Жучков, Н.Н.Гусева,  
В.П.Пилипенко (ВИМС)

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРЕОЛОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ПОИСКАХ И ОЦЕНКЕ МУСКОВИТОВЫХ ПЕГМАТИТОВ

Изучение околожильного пространства мусковитовых пегматитовых тел Карело-Кольского региона показало наличие около них мощного ореола предельных и не предельных углеводородов.

Методами газовой хроматографии в гнейсах и сланцах, вмещающие пегматитовые жилы, установлены метан, этан, пропан, бутан, пентан, гексан, этилен, пропилен, бутилен и гептилен. Содержание этих углеводородов в ореолах колеблется от 0,2 до 1,5 см<sup>3</sup>/км породы. Более высокие содержания наблюдаются около жил. Ширина ореолов достигает 5-25 м. Около продуктивных жил отмечаются более широкие ореолы.

Эти углеводороды содержатся в газовой-жидких включениях минералов пегматитов, которые метасоматически развиты в гнейсах и сланцах. Основными концентраторами углеводородов являются мусковит, биотит и плагиоклаз. В меньшем количестве они присутствуют в микроклине и кварце.

Люминесцентно-битуминологическим анализом в ореолах выявлено небольшое количество битумных веществ, относящихся к маслянистому битумоиду (МБА) и легкому битумоиду (ЛБА). Содержания их колеблются от  $0,6 \cdot 10^{-3}$  до 1,24%, а в единичных пробах - до 2,5%. Наибольшие концентрации отмечаются около пегматитовых тел. Зависимость содержания битумоида от литологического состава пород не обнаруживается.

Верхние горизонты месторождения обогащены маслянистым битумоидом, а нижние горизонты - легким битумоидом. Битумные вещества находятся в минералах гнейсов и сланцев в виде мелких включений, а также развиты в них по мелким трещинкам и в межзерновом пространстве. Ореолы распространения этих веществ аналогичны мощности ореолов углеводородов и совпадают с зонами метасоматического преобразования пород, выявленных по ореолам люминесцирующих минералов и мусковитизации.

Наличие около пегматитовых тел ореола углеводородов и битумных веществ, выявленного методами газовой хроматографии и люминесцентно-битуминологическим методом, позволяет использовать их при поисках слепых пегматитовых тел.

Б.И.Зорин, Е.Г.Неостеров, Б.Е.Карокий, Е.Г.Павлов,  
П.Е.Мельников, А.В.Федоров (МГРИ, г.Москва)

#### ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦА ИЗ ПЕГМАТИТОВЫХ И КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ МАМСКОЙ СЛЮДОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ, КАК ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КВАРЦЕВОГО СЫРЬЯ

Только в последние годы внимание геологов, работающих в Мамской слюдоносной провинции, было обращено на кварц как на перспективное сырье для кварцевой промышленности. Первоначальные ис-

следования дали возможность выделить всего лишь два промышленных типа месторождений кварцевого сырья.

Первый тип сосредоточен в крупных промышленно-слыдоносных жилах, где значительные концентрации кварца слагают осевые части пегматитовых тел. Благодаря комплексной обработке, месторождения данного типа могут иметь повышенную рентабельность, даже несмотря на трудоемкие работы при его селективной добыче.

Второй тип представлен исключительно кварцевыми жилами, имеющими широкое распространение среди метанород как в пределах, так и за пределами полосы слыдоносных пегматитов. Ранее отмечались их исключительно согласные линзовидные формы. В последнее время установлена различная морфология кварцевых жил, где значительное распространение занимают округлые, крутопадающие жилы, локализация которых сосредоточена главным образом за пределами Мамской слыдоносной полосы. Генетически данный тип не охарактеризован. В основном предполагается их гидротермальный генезис. Качество кварца в жилах данного типа различно. Так, в жилах, расположенных в пределах слыдоносной полосы среди различных гнейсов и сланцев, качество кварца значительно ниже, нежели в жилах, залегающих в существенно кварцитовых горизонтах.

Изучение типоморфизма кварца связано с конкретными задачами по выявлению генезиса кварцевых жил и определению его прикладного значения. В основу этих исследований были положены термобарогеохимические методы (гомогенизация, декрепитометрия, газовая хроматография), а также рентгеноструктурный анализ, электронная микроскопия и определение химического состава.

Весь этот спектр аналитических исследований позволил выявить несколько генераций кварца, которые характеризуются следующими его типоморфными особенностями: состав газовой-жидких включений в кварцевых жилах углекислотный с явным преобладанием волновой фазы. По температуре гомогенизации здесь выделяются два типа включений: низкотемпературные -  $T_{\text{ГОМ}} = 240-300^{\circ}\text{C}$  и среднетемпературные -  $T_{\text{ГОМ}} = 400-460^{\circ}\text{C}$ . Для кварца из слыдоносных пегматитов состав включений аналогичный, но характерно присутствие включений с преобладанием газовой фазы над волновой, для которых  $T_{\text{ГОМ}} = 520-600^{\circ}\text{C}$ . Высокотемпературные включения для кварцевых жил чрезвычайно редки и характерны своим многофазовым составом. Температура декрепитации кварцев данных месторождений соответствует температурным интервалам гомогенизации и характеризуется во всех пробах четким

проявлением  $\alpha/\beta$  перехода, который постоянен для кварцевых жил -  $560-580^{\circ}\text{C}$  и значительно варьирует в кварцах из слыдоносных пегматитов от  $520$  до  $640^{\circ}\text{C}$ . Газово-жидкие включения в кварце показали различный состав и содержание  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  для разных типов жил. Общая газонасыщенность для слыдоносных пегматитов от  $700$  до  $1050$  г/кг навески. Для кварцевых жил в пределах слыдоносной полосы от  $400$  до  $700$  г/кг навески, для жил за ее пределами - наименьшее, равное  $150-300$  г/кг навески. Содержание воды для низкотемпературных газовой-жидких включений ( $100-350^{\circ}\text{C}$ ) в кварце из пегматитов в два раза выше, чем в кварцевых жилах и в среднем составляет  $10^{-6}$  г/г навески.

Рентгеновские исследования выявили закономерное изменение параметров структурной ячейки кварца в зависимости от среды его образования (таблица). Так кварц, образованный в щелочных

Результаты рентгеновского исследования кварца из слыдоносных пегматитов и кварцевых жил Мамского района

| Параметры электр. ячейки | Кварцевые жилы |          | Слыдоносные пегматиты |          |
|--------------------------|----------------|----------|-----------------------|----------|
|                          | от             | до       | от                    | до       |
| $A_{\text{нм}}$          | 0,49120        | 0,49130  | 0,49130               | 0,49140  |
| $C_{\text{нм}}$          | 0,54030        | 0,54042  | 0,54042               | 0,54050  |
| $U_{\text{нм}}^3$        | 112,7597       | 112,8342 | 112,8342              | 112,8968 |

условиях из пегматитовых жил имеет более высокие параметры по сравнению с кварцем из кварцевых жил, что естественно отражается на содержании элементов-примесей, особенно алюминия и щелочей. Наглядно это иллюстрируется на примерах многочисленных химико-спектральных анализов, по которым установлено, что содержание алюминия и щелочей в кварце из пегматитов превосходит их в кварцевых жилах от двух до пяти и более раз.

Электронно-микроскопические исследования выявили в кварце различную морфологию вихналей, имеющих форму "пирамид" или "бугров", характерных для щелочной или кислотной стадии образования кварца, что прекрасно коррелируется с содержанием в нем элементов-примесей.

Таким образом, перечисленные типоморфные особенности способствуют выяснению генетических особенностей месторождения и оценке промышленной перспективности кварца.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНОЙ ДЕКРИПТОМЕТРИИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ  
ПОРОД ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ  
(ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАВКАЗ)

С целью выявления новых критериев прогнозирования вольфрамового оруденения проведены декриптометрические исследования метаморфических пород, слагающих вольфрамовые рудопоявления Базенгийского рудного поля.

Рудопоявления представлены выходами древней гнейсо-сланцевой толщи, содержащей пласты и линзы амфиболитов. Шеллитовая минерализация приурочена к амфиболитам и связана с их гидротермально-метасоматическими изменениями.

Основные результаты проведенных исследований сводятся к следующему:

1. Установлено, что конфигурация термовакуумных декриптограмм метаморфических пород определяется наличием в их составе термоактивных компонентов, при нагревании которых в определенных температурных интервалах происходят термические реакции с выделением газообразных продуктов. Эффекты газовыделений, связанных с декрепитацией флюидных включений в породообразующих минералах, суммируются с эффектами термического разложения и на декриптограммах пород не выделяются, а их влияние на конфигурацию декриптограмм и состав выделяющейся при нагревании пород флюидной фазы можно ограничить температурным интервалом 20–400°C.

2. Интенсивность определенных эффектов на декриптограммах зависит от количеств в исследуемой пробе соответствующих термоактивных минералов, которые в свою очередь являются индикаторами процессов, связанных с гидротермально-метасоматическим преобразованием пород. Следовательно, по интенсивности эффектов газовыделения на декриптограммах можно судить о степени проявленности в породах процессов, связанных с их ожелезнением, аргиллизацией, сульфидизацией, хлоритизацией, карбонатизацией, серитизацией, биотитизацией. Процессы, связанные с образованием вольфрамовой минерализации, оставляют свой след во вмещающих породах в виде зон локального метасоматоза, которые также находят свое отражение на декриптограммах, что позволяет использовать их при прогнозировании оруденения.

3. В результате детальных декриптометрических исследований выявлены закономерности распределения зон повышенной флюидонасыщенности в пределах пласта амфиболитов, где они приурочены к контакту с вмещающими породами, тектоническим нарушениям, различным по составу жильным образованиям, а также к зонам повышенной флюидной проницаемости, сопровождающимся метасоматическими изменениями амфиболитов.

При сопоставлении результатов геохимического опробования пласта амфиболитов с данными по их флюидонасыщенности обнаруживается пространственная связь зон высокой флюидонасыщенности и интервалов с повышенным содержанием вольфрама. Это позволяет использовать значения показателя флюидонасыщенности амфиболитов в качестве прогнозного критерия.

А.Г.Кузнецов  
(СГУ, г.Симферополь)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ  
ПРИ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗВЕДКЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На примере Садонского полиметаллического гидротермального месторождения (Северная Осетия) показывается применение комплекса методов изучения флюидных включений при детальной разведке для поисков "слепых" рудных тел, выявления наиболее продуктивных участков полиметаллических жил и для оценки перспективности свинцово-цинкового оруденения на глубину.

Проведено термобарогеохимическое опробование в полевых штреках, кварцлагах, вентиляционных восстающих и эксплуатационных блоках, в результате этого получена объемно-пространственная термобарогеохимическая характеристика ореола пропаривания вмещающих пород и сложного многожильного рудного тела месторождений. Для этих целей составлены поперечные и продольные профили с изолиниями термобарогеохимических параметров (температуры гомогенизации и декрепитации, давление, количества включений на 0,1 мм<sup>2</sup>, потери при прокаливании кварца, концентрация солей в растворах включений, состав водных вытяжек из кварца и др.). Установлены закономерные возрастания количественных значений термобарогеохимических параметров и показателей по мере приближения к рудным телам, что имеет практическое поисково-разведочное значение. При изучении

флюидных включений выявлены поисковые признаки, учитывающие на наиболее обогащенные участки продуктивных рудных тел. Обнаружены термобарогеохимические критерии, указывающие на повышенные мощности рудных зон. Разработана методика использования в поисковых целях данных изучения флюидных включений при детальной и эксплуатационной разведке гидротермальных месторождений.

В.И.Блажко  
(ИГЕМ АН Украины, г.Киев)

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДЕКРЕПИТАЦИИ ПРИ ПОИСКАХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В СЕВЕРО- ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ШИТА

Применение методов термозвуковой и термовакуумной декрепитации хорошо себя зарекомендовало при поисках и разведке различных типов месторождений, при обнаружении слепых рудных тел, зон метасоматического изменения и связанных с ними ореолов пропаривания, а также путей продвижения флюидов. На некоторых участках северо-западной части Украинского шита была получена декрепитационная характеристика пород, перспективных на редкометалльную минерализацию. Всего было выполнено 200 анализов. По форме декрепитационных кривых, характеризующих не только интенсивность проработки флюидами вмещающих пород, но и изменение их минерального состава, были разработаны поисковые критерии. Исследования показали, что используемый метод в сочетании с изучением вещественного состава пород может широко применяться для выявления метасоматических зон и участков с редкометалльной минерализацией в данном районе.

Д.В.Уточкин  
(КГУ, г.Киев)

#### ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ОРЕОЛОВ ПРОПАРИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (УКРАИНСКИЙ ШИТ)

При поступлении гидротермальных растворов в околотрещинной области формируется комплекс измененных пород, объединяемых в околотрещинную метасоматическую колонку. Характер преобразований минерального состава пород в этом случае являются показателем

направления движения растворов и позволяет определить приближительное расположение зоны максимального осаждения рудных компонентов. Сопоставление метасоматической зональности с ореолами пропаривания, фиксируемыми термобарогеохимическими методами, дает возможность объективно оценить интенсивность проникновения растворов и удаленность от основного рудоподводящего канала.

Подобный комплекс пород представлен на месторождении элементов группы  $Ti$ , расположенного в центральной части Украинского шита. Проведенные исследования, включающие использование термобарогеохимических методов, позволили выделить синрудные образования по отношению к породам магматогенного и пострудного этапов.

В рассматриваемых метасоматитах распространены газожидкие включения разнообразной формы, нередко содержащие одну или несколько конформных фаз. Насыщенность минералов включениями заметно уменьшается при удалении от тыльной зоны метасоматической колонки. В этом же направлении изменяется морфология вакуолей, незначительно уменьшается  $T_{гом}$  и концентрация растворов. Полученные результаты свидетельствуют о постепенном увеличении газоделиения при прокаливании пород из внутренней области метасоматических тел за счет увеличения доли  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $C_2H_4$ . При этом состав летучих компонентов дает возможность не только выявить околорудные ореолы пропаривания, но и отражает особенности более позднего процесса окварцевания. В рассматриваемом случае для наложенных продуктов, связанных с этапом кислотного выщелачивания, отмечается резкое повышение содержания  $N_2$ .

Таким образом, данные термобарогеохимических исследований являются одним из показателей, позволяющих охарактеризовать процессы околотрещинных изменений, сопровождавших поступление руденосных растворов. Сформированный при этом комплекс пород является одним из основных признаков, используемых при поисках оруденения данного типа. Вместе с тем в ходе проведенных исследований установлено, что более высокая мощность ореолов пропаривания по сравнению с явными продуктами эпигенетических преобразований повышает возможности использования методов газового анализа для обнаружения скрытых рудных тел. Существенное увеличение мощности газового ореола объясняется наличием зоны "околосоматического днафтореза", внешне практически не отличимой от неизмененных гранитов, вмещающих оруденение.

А.А.Абдуразаков, В.С.Полыковский,  
Б.П.Дё, И.Б.Манько, В.В.Мешанинов,  
Л.Ю.Самолдина, А.Таджиева

(ИГО "Ташкентгеология", г.Ташкент)

ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФЛОИДОВ, УЧАСТВОВАВШИХ  
В ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ И ОРЕОЛОВ  
ПРОПАРИВАНИЯ, ВСКРЫТЫХ ОПОРНОЙ СКВАЖИНОЙ АО-2  
В АЛМАЛЫКСКОМ РАЙОНЕ (УЗБЕКИСТАН)

Скважина АО-2 была пробурена на медно-порфировом месторождении Дальнее, расположенном в северном (приподнятом) блоке Алмалыкского рудного района, сложенном кварцевыми порфирами, сиенито-диоритами, гранодиоритами и гранодиорит-порфирами, в которых сохранились небольшие конгломаты песчано-карбонатных отложений.

Термобарогеохимические исследования, проведенные по керну скважины АО-2, позволили установить следующее:

1. Породы, вскрытые скважиной АО-2, подверглись воздействию постмагматических флюидов, в деятельности которых выделяются две фазы кварц-сульфидной стадии медно-порфирового оруденения.

Первая - ранняя фаза была сформирована воздействием на вмещающие породы высокотемпературных пневматолито-гидротермальных минерало- и рудообразующих флюидов, для которых типичным являлся пульсирующий характер, обусловивший телескопию нескольких высокотемпературных максимумов декрепитации 380-460-500-520-560°C и температур максимумов гомогенизации 224-246-268-291-380-420-440°C.

Вторая - поздняя фаза связана с деятельностью гидротермальных растворов, для которых были свойственны температуры гомогенизации в интервалах 224-201-176,5-146,5-III°C.

Анализ результатов термометрического исследования, проведенного методом акустической декрепитации, по керну скважины АО-2 позволяет установить следующее: все породы, вскрытые скважиной, могут быть подразделены по степени выявленной интенсивности декрепитационной активности на четыре последовательно сменяющиеся интервала: 0-1290 м, 1290-2380 м, 2380-3000 м, 3000-3695 м.

Первый интервал 0-1290 м характеризуется низкими значениями декрепитационной активности порядка нескольких десятков импульсов (10-70). Главной особенностью всех декрептограмм, полученных по породам первого интервала, является один четко выраженный максимум Д-активности, приуроченный к показателям температур 180-300°C.

Для интервала 1290-2380 м характерными являются диаграммы, в которых наряду с хорошо выраженным средне-низкотемпературным пиком отмечается проявление декрепитационной активности в более высоко-среднетемпературном интервале. Для пород данного интервала декрепитационная активность варьирует в пределах от 8 до 860 импульсов.

Для интервала 2380-3000 м свойственно повышение показателей декрепитационной активности от 70 до 1765 импульсов. Важной особенностью декрептограмм, свойственных породам данного интервала, является наличие двух главных максимумов декрепитации, приуроченных к интервалам температур 180-300°C и 460-700°C.

Для пород интервала 3000-3695 м свойственно резкое повышение показателей декрепитационной активности до 15 528 импульсов.

Для пород, вскрытых скважиной АО-2, свойственно общее увеличение декрепитационной активности по мере увеличения расстояния от поверхности (т.е. с увеличением глубины скважины) в целом.

В пределах первого интервала намечается зависимость повышения концентрации меди (а также  $Mo$ ,  $Ag$  и  $Au$ ), для которого свойственны главным образом относительно невысокие значения Д-активности, причем - преобладают средне-низкотемпературные интервалы декрепитации.

3. Выявление ореолов пропаривания или области интенсивной гидротермальной проработки пород по данным декрепитационных анализов проб скважины АО-2 позволило выделить следующие интервалы повышенной Д-активности: (179,0-502,0 м; 1139,0-1262,5 м; 1339,0-1360,0 м; 1520,0-1601,8 м; 1679,0-1921,0 м; 3058,0-3088 м; 3288,0-3407,0 м; 3349,0-3571,3 м; 3644,6-3686,0 м. На декрептофонических разрезах скважины АО-2 довольно отчетливо видна повышенная насыщенность ореолами пропаривания в приповерхностных частях скважины и в середине ее.

При этом установлена, что Д-активность более высоких температур (300-700°C) в более интенсивной форме проявилась на более высоком гипсометрическом уровне, который был прослежен скважиной АО-2 в пределах интервала 179,0-421,0 м; 1339,0-1360,0 м по стволу скважины.

В интервалах 179,0-502,0 м; 1139,0-1262,5 м; 1520,0-1601,8 м; 1679,0-2009,5 м; 2080,2-2381,0 м; 3135,0-3138,0 м; 3288,0-3433,0 м; 3644,6-3686,0 м по стволу скважины выявлены ореолы пропаривания, которым свойственны температуры декрепитации до 300°C.

По аналогии с ореолом пропаривания, который был прослежен на более высоком гипсометрическом уровне можно предполагать, что ореолы пропаривания в пределах интервалов 1139,0–1600,0 м и 3288–3695 м могут представлять собой проявление деятельности тех минералообразующих флюидов, которые в своей корневой части на боковых более глубинных уровнях могли быть рудогенерирующими и участвовать в образовании здесь скрытых медьсодержащих рудных тел.

4. В формировании медно-порфирового оруденения главную роль, по всей видимости, играют высокотемпературные рудогенерирующие гидротермальные растворы, поступающие из глубинных очагов по боковым глубинным разломам и трещинам, которые проявились в основном в верхней части окважины А0-2, чем и объясняется их невысокая интенсивность.

5. Исследования газового состава минералов и рудообразующих флюидов свидетельствуют о том, что на ранней стадии их деятельности главными газами являлись  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  легкие газы ( $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) в количественном отношении установлены следующие соотношения между нижеуказанными газовыми компонентами  $\text{CO}_2 > \text{H}_2\text{O} > \text{Л.Г.} > \text{H}_2$ . Для поздней стадии деятельности флюидов характерны газовые компоненты в следующих количественных соотношениях:  $\text{H}_2\text{O} > \text{CO}_2 > \text{Л.Г.} > \text{H}_2$  и т.д.

6. Сопоставления результатов термобарогеохимических исследований с результатами геохимических, минералогических, петрографических и других методов исследования свидетельствуют о наличии существенной зависимости между ними, что предопределяется сложным характером процесса формирования медно-порфирового оруденения в Алмалыкском районе.

А.Е.Болтенко, М.Ю.Черненко  
(ИПИ, г.Новочеркасск)

ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО ОРУДЕНЕНИЯ  
НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ  
РУДНОГО ПОЛЯ ЗИМНЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)  
ПО ТЕРМОБАРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Данные комплексного минералогического картирования рудной залежи Зимнего медноколчеданного месторождения на Южном Урале позволили выявить два главных этапа формирования полигенного и полихронного рудогенеза: I – гидротермально-осадочный (сингенез),

обусловивший накопление основного рудного вещества; 2 – наложенный гидротермально-метасоматический (эпигенез), вызвавший существенное перераспределение рудного вещества, изменение минерального состава и морфологии рудных тел. В сечениях залежи, на затронутых эпигенетической деятельностью, отчетливо проявляется вертикальная рудогенетическая зональность асимметричного типа, стандартная для колчеданных объектов, производных гидротермально-осадочного рудогенеза. В зонах, наложенных на колчеданный матрикс локальных деформаций, прослеживается интенсивное окварцевание с медным прожилково-вкрапленным оруденением. В сплошных рудах наложенный кварц активно замещает сульфидный базис, в результате чего часть сплошных руд десульфидизируется, разубоживается и переходит в категорию маломедистых прожилково-вкрапленных. В свою очередь метасоматиты в зоне наложенного окварцевания селективно обогащаются медью и представлены штокваркоподобными прожилково-вкрапленными рудами.

Изучение более чем 250 проб пиритов и кварцев рудных тел и метасоматитов месторождения термобарическими методами в комплексе с текстурно-структурными, кристалломорфологическими, геохимическими исследованиями позволило с помощью температурных характеристик описать основные трансформации в онтогении залежи. В результате применения итерационного многомерного метаматического моделирования была решена задача классификации по декриптографическим показателям изменчивости генетических разностей дисульфидов железа и, как следствие, руд олагаемых ими. Сравнительная оценка геохимической нагрузки по данным рядового карнового опробования полученных десяти групп рудных разностей показала существенные различия в распределении основных химических элементов. Термобарические и геохимические закономерности позволили выявить рудные интервалы с обогащением и перераспределением полезных компонентов, трассируемыми основную, наложенную на колчеданный матрикс, зону деформации с термальной проработкой в северо-западном простирании. А на основании результатов оценки степени проявления признаков в ведущих рудно-генетических факторах, сделан вывод о том, что главную промышленную нагрузку Зимнего месторождения как медноколчеданного объекта определяют эпигенетические трансформации.

В ходе минералогического картирования на базе моделирования этапов онтогенеза на рудном поле Зимнего месторождения произве-

дена оценка выявленной сульфидной минерализации. Наиболее перспективной, с учетом метасоматической зональности продуктивных колчеданосных вулканогенных фаций, является минерализация рудоносного уровня, в которой дешифрируются признаки полигенеза и следы наложенных трансформаций. Именно в интервалах со следами аналогичной гидротермальной деятельности прослеживаются продуктивные минеральные парагенезисы, дающие промышленно-значимое оруденение. Выявленные закономерности в рамках рудного поля позволили дать рекомендации на детальные поисковые работы на участке Саварном, в результате которых было обнаружено прожилково-вкрапленное оруденение, связанное с эпигенетическими факторами перераспределения повышенных концентраций сингенетичной полезной нагрузки по отношению к фоновым в продуктивных отложениях рудоносного уровня.

М.Ю.Черненко, А.Е.Болтенко,  
А.Б.Кафтанетий  
(ИПИ, г.Новочеркасск)

#### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ЗОН АНОМАЛЬНО-ТЕРМАЛЬНОЙ ПРОПАРКИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КОЛЧЕДАНОЙ ФОРМАЦИИ ЮЖНОГО УРАЛА

Изучение геохимических особенностей колчеданного оруденения на Южном Урале затрудняется рядом факторов. Это - сложные тектонические позиции геологических структур рудных объектов, широкое развитие крупнообъемного метасоматоза, внедрение постколчеданных интрузивных плутогенных и дайковых комплексов. Проведенное минералогическое картирование на ряде колчеданных месторождений в Медногорском, Теренсайском и Домбаровском рудных районах и анализ полученных данных позволяют выделить в ряд эффективных и информативных методов оценки полезной нагрузки с учетом рудногенетических факторов декриптографические и геохимические исследования. Полигенность и полихронность оруденения находят свое отражение в специфической изменчивости геохимических спектров минералов-концентратов. Наиболее контрастно выраженными и, в ряде случаев, имеющими промышленную значимость являются зоны аномально-термальной пропарки. Последние достаточно отчетливо дешифрируются по термобарическим и минералого-геохимическим данным дисульфидов железа и их агрегатов. Изменчивость уровней концентрирования микроэлементов с халькофильными и сидерофильными свойствами хорошо

интерпретируется с помощью наборов декриптографических показателей, отражающих характер средне-высокотермальной гидротермальной деятельности. Выделенные геохимические ассоциации, характеризующие зоны пропарок, и оценка статистической значимости распределения элементов позволяют использовать их в качестве типоморфных при описании эпигенетических трансформаций и моделировании рудных объектов. Последнее также дает возможность корректнее вовлекать в обработку большие объемы геохимической информации на генетической основе, включая данные рядового кернового опробования. Наибольший интерес заслуживают результаты изучения проявления благороднометалльной нагрузки. Сравнительный анализ зон аномально-термальных пропарок на Комсомольском месторождении, Зимнем месторождении и объектах Акжарского рудного поля показал зависимость проявления концентрирования золота от градиента фоновых содержаний. Это позволило после изучения геохимической специализации и оценки генетических позиций колчеданного оруденения на объектах Южного Урала, металлогенических закономерностей их размещения, рекомендовать участки для постановки поисковых работ на благороднометалльное оруденение.

Интересен пример решения задачи оценки повышенной золотосодности колчеданных образований на базе изучения промышленных типов руд Теренсайского и Домбаровского рудных районов. На основании данных минералого-геохимических исследований дисульфидов железа и их агрегатов по уровням фоновых концентраций ведущих микропримесей с помощью методов математической статистики была решена задача классификации рудных образований. В данном случае, руды с повышенной золотосодностью связаны с непрерывно-дифференцированной формацией, характерной для прогибов, сформированных на приподнятом и разблокированном гнейсо-гранитном основании, что выгодно выделяет ряд колчеданных объектов Акжарского рудного поля Домбаровского рудного района и колчеданные объекты Теренсайского рудного района. Именно на последних, при изучении зон аномально-термальных пропарок, в том числе и в околорудных метасоматитах, были зафиксированы интервалы с промышленно-значимым золото-сульфидным оруденением.

ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ  
КОМПЛЕКСА МИНЕРАЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРОГНОЗА  
И ОЦЕНКИ СУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

На завершающей стадии комплекса разномасштабных геолого-съемочных и поисковых работ на первый план выдвигаются проблемы локального прогнозирования открытого и оценка выявленного оруденения. Локальный прогноз базируется на обширном и разнообразном фактическом материале, содержащем информацию о прогнозируемом рудном объекте и его аналогах. В результате многолетнего крупномасштабного исследования колчеданных объектов Северного Кавказа и Южного Урала создан банк данных и на его основе разработан комплекс минералогенетических критериев, который позволяет идентифицировать генетическую принадлежность любого колчеданопоявления.

Максимальную генетическую информацию дает изучение "гине-ралогической памяти" ведущих минералов-индикаторов, выраженной через типоморфные показатели. К числу наиболее распространенных в рудном процессе относятся дисульфиды железа. Типоморфизм выделенных генетических разновидностей последних исследовался комплексно с характеристикой структурных, морфологических, анатомических, минералогических и геохимических показателей. Получаемые параметры могут иметь точечный, спектральный или комбинированный характер качественной и количественной информации. Особое место среди широкого комплекса методов занимают термобарические исследования, дающие температурные характеристики и относимые нами к классу спектральных.

Анализ более 1,5 тыс. декриптограмм пиритов руд и рудной минерализации обнаруживает спектр постоянно повторяющихся в температурных рамках 20/600°C характеристических пиков разной интенсивности. Геологическая интерпретация получаемых данных и их статистическая оценка позволили установить взаимосвязь термобарических параметров с ведущими типоморфными признаками и интерпретировать декриптограммы на генетической основе. Изучение генетических позиций оруденения и моделирование основных этапов онтогенеза на эталонных месторождениях дали возможность установить

специфические термобарические параметры, описывающие сингенетичные и эпигенетические особенности колчеданных залежей, производных гидротермально-осадочного рудообразования. Изучение 36 колчеданных месторождений Южного Урала и Северного Кавказа в рамках методики комплексного минералогического картирования позволило отработать общеметодические приемы решения ряда практических задач - выявлять и прогнозировать рудоносные уровни полигенного колчеданного оруденения, производить разбраковку колчеданопоявлений, реконструкцию дислоцированных рудных тел и др.

Наиболее эффективным использованием термобарических методов является изучение эпигенетических трансформаций на различных иерархических уровнях проявления их в геологической стеле. Моделирование последних на колчеданных объектах Южного Урала позволило произвести локальный прогноз зон вторичного обогащения руд, а также зон локального разубоживания. Таким образом, комплексное рудно-минералогенетическое изучение вещества, включая данные термобарических исследований, позволяет получать необходимую интерпретационную основу для дешифрирования палеобстановок рудообразования и использовать данные в практических целях.

А.А.Ким, В.Ю.Панков  
(ЯИГиР АН, г.Якутск)

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ  
ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ  
АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН)

На территории Центрального Алдана известны проявления аллювиальной платины, не имеющие пространственной и геологической связи с ультраосновными интрузиями центрального типа. К ним относится аллювиальная платиноносность в пределах Якокутского, Юхтинского и Куранахского вулканических полей, положение которых контролируется Якокутским глубинным разломом.

МПМ россыпей представлены преимущественно сплавами Pt-Pe, содержащими Os, Ir, Ru, Rh. Присутствуют также самостоятельные включения иридоосмина, рутениридоосмина, осмирида. Все зерна МПМ практически неокатаны, часто встречаются в сростаниях с минералами материнских пород.

Включения в МПМ имеют различный размер, но не более 50 мкм.

Обичная форма — каплевидная, округлая, реже правильная кристаллографическая. По фазовому составу выделяются минеральные и расплавленные включения.

Среди минеральных фаз-узников наиболее распространены пироксены. Состав их варьирует в широких пределах и в целом соответствует гранду, характерному для пироксенов щелочно-ультрамафитовых серий пород. Второй по распространенности минерал включений — ортоклаз. Он обнаружен в виде включений как в изоферроплатине, так и в иридоосмине и лаурите. Во включениях в изоферроплатине ортоклаз часто находится совместно с пироксеном, флогопитом и амфиболом (?). Включения эгирин-авгита, флогопита и амфибола (?) фиксируются только в изоферроплатине. Химизм хромистых шпинелидов включений и сростаний идентичен и характеризуется широкими вариациями железистости при содержаниях  $Cr_2O_3$  — 40–50%.

Включения расплава имеют каплевидную форму и наиболее часто находятся в изоферроплатине на контактах с кристаллами иридоосмина. Несмотря на маленькие размеры (до 20 мкм), их вещество при оптической гомогенности неоднородно по составу. Характерные особенности химизма вещества расплавленных включений — высокая концентрация суммы щелочных элементов (до 26,44%), фосфора (до 13,78%  $P_2O_5$ ), хлора (до 3,11% Cl), фтора (до 3,74% F). В большинстве включений в сумме щелочей наблюдается преобладание калия над натрием (до 11,35%  $K_2O$ ), хотя в отдельных случаях фиксируются более высокие концентрации натрия (до 23,01%  $Na_2O$ ).

Комплексы аналитических данных по включениям, наряду с детальной минералогической и геологической информацией, позволяют утверждать, что аллювиальная платиноносность зоны Якокутского глубинного разлома в пределах Якокутского, Ютинского и Куранахского вулканических полей связана с производными щелочных мафитовых магм, формирующих небольшие гипабисоальные и субвулканические тела (дайки, штоки, силлы, трубки взрыва).

В.А.Ехиванов, И.В.Попивняк, Ч.Х.Арибулов  
(ЛГУ, г.Львов, ЦНИИРИ, г.Москва)

ОПЫТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ЛОКАЛИЗОВАННЫХ В ТЕРРИГЕННЫХ  
УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОЛЩАХ

Результаты термобарогеохимического исследования оруденения, локализованного в пределах ряда регионально разобщенных объектов

(Бодайбинский рудный район, Бакалчикское, Мурунтауское и Амантай-Даугызтауское рудные поля), позволили сделать ряд выводов об определенной "унифицированности" процессов их формирования.

Установлено, что, несмотря на известные различия структурно-геологического, литолого-петрографического, минералого-геохимического характера, практически все исследованные нами объекты, локализованные в терригенных толщах, с физико-химических позиций обладают, наряду со специфическими особенностями, целым рядом родственных параметрических характеристик. К таковым относятся вполне сопоставимые палеотемпературные и барические режимы минералообразующих процессов, химизм минералообразующих сред, градиентные величины "механизмы" выделения полезных компонентов, агрегатное состояние растворов, фазовый состав флюидных включений, их морфология и морфометрия, окислительно-восстановительные условия и пр.

Повышенные значения палеотемпературного и барического параметров отмечаются практически повсеместно, что свидетельствует о значительных глубинах рудоотложения и размахе оруденения. К этому же выводу приводит исследование тенденций изменчивости температуры минералообразования на глубину в пределах прожилково-вкрапленных зон: палеотемпературный градиент редко превышает значения геотермического градиента (тепмостатированная система). Для всех объектов характерна достаточно отчетливая литаральная термобарогеохимическая зональность, в то время как вертикальная зональность присуща только рудным телам, относящимся к золото-кварцевой формации.

Рудоогенез в пределах прожилково-вкрапленных зон осуществлялся исключительно в гомогенных условиях, в то время как процесс отапливания оруденения жильного и жильно-штокверкового типа характеризовался неоднократным проявлением гетерогенизации минералообразующих сред. В целом для всех объектов (за исключением бакалчикских руд) существенную роль в минералообразующем процессе играли углекислотосодержащие гидротермы, функционирование которых в "зоне разгрузки" способствовало формированию золото-полиметаллических руд (оптимальный температурный диапазон 250–170°C). В формировании золото-сульфидного прожилково-вкрапленного оруденения принимали участие относительно высокотемпературные (порядка 450–350°C) гидротермы, не содержащие углекислотной фазы. Данный температурный интервал является оптимальным для выделения кварц-пи-

рит-арсенипиритовой с золотом минерализации, причем продуктивность рудных тел находится в прямой зависимости от степени консервации соответствующих газо-жидких включений (отражение интенсивности минералообразующей деятельности растворов). Оптимальный температурный диапазон отложения кварц-антимонитовой с серебром и серебро-сульфосольной минерализацией варьирует в пределах 210–140°C. Углекислотно-водные и существенно водные растворы, формировавшие данные парагенезисы, также характеризовались гомогенным состоянием. Данные по химизму растворов (газовая и жидкая фазы) достаточно убедительно свидетельствуют о типичности физико-химических условий рудообразования в терригенных толщах.

Таким образом, вывод об определенной унифицированности процессов рудообразования, протекавших в углеродсодержащих терригенных комплексах, дает возможность значительно сократить сроки проведения опытно-методических работ на слабоизученных объектах и соответственно осуществлять оценку рудных тел и площадей с опережением геологоразведочных работ.

А.А.Томиленко, Н.А.Гиблер, Ю.А.Долгов  
(ИМП, г.Новосибирск)

#### ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Используя различные термобарогеохимические методы (термометрию, криометрию, декрепитацию, газовую хроматографию и КР-спектроскопию), были изучены флюидные включения в кварце и рудном золоте и определены состав и количество флюидов во вмещающих породах Советского золоторудного месторождения, локализованного в осадочно-метаморфических породах верхнепротерозойского возраста.

По результатам хроматографических анализов было установлено, что в перспективных на золотое оруденение участках происходило интенсивное перераспределение водно-углекислотного флюида с формированием зон с повышенным содержанием углекислоты, где и происходила локализация золота.

Для оценки потенциальной золотоносности отдельных кварцевых жил или жильных зон внутри выделенных флюидных ореолов требуется более детальная характеристика условий минералов и рудообразования. Опыт проведенных в последние годы работ на месторождении

позволил нам разработать ряд термобарогеохимических критериев различия промышленно золотоносных кварцев от непромышленных: 1) по наличию оптимально перспективного интервала температур кристаллизации кварца (360–200°C); 2) по повышенной декрепитативности кварцев с температурными максимумами в интервале 350–440°C; 3) по насыщенности растворов солями до 25 мас.% по NaCl эквиваленту; 4) по выявлению зон гетерогенизации минералообразующих растворов; 5) по высокому углекислотно-водному коэффициенту ( $K_{CO_2}$ ), указывающему на высокую концентрацию углекислоты в минерале и рудообразующих растворах. Прямая корреляция между содержанием в рудах золота и концентрацией углекислоты в растворах позволяет рассматривать отношение  $CO_2/H_2O$  в качестве чувствительного индикатора физико-химических условий золотого оруденения.

В качестве примера в докладе приводятся результаты оценки термобарогеохимическими методами перспективности нескольких участков месторождения, впоследствии подтвержденные традиционными поисково-оценочными работами.

Г.А.Малюк  
(ИГиЛ АН Украины, г.Київ)

#### ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПОРОД НА ЭНДОГЕННОЕ ОРУДЕНЕНИЕ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ФЛЮИДНОМ РЕЖИМЕ

Используемый в настоящей работе метод включает исследование газо-жидких включений как один из возможных источников газо-выделения. Основным же объектом исследования явились флюидные микровключения, заключенные в закрытых порах и микрогратинах минералов и межзерновом пространстве пород. Это органическое вещество, карбонатные и гидроксилоидсодержащие минералы, а также та часть летучих, которая в результате изменения физико-химических условий претерпела необратимые изменения и перешла в нелетучие и не разлагающиеся даже при повышенных температурах соединения.

Основное внимание в работе уделено углероду. Он вступает в химические связи со всеми элементами таблицы Менделеева, за исключением инертных газов, и принимает участие в той или иной форме и концентрации практически во всех процессах перемещения вещества, включая и процессы рудообразования.

Теоретической основой метода послужила гипотеза переноса

рудных компонентов в виде металлоорганических соединений при восстановительном характере флюида [1-3].

Проведенные нами исследования на золоторудных проявлениях центральной части Украинского щита и сульфидных медно-никелевых проявлениях северо-западной части Украинского щита методом прецизионного масс-спектрометрического анализа позволили установить следующие закономерности:

1) чтобы породы были перспективными на эндогенное оруденение, необходимо наличие в них флюида с содержанием углерода не менее 0,02 мас.%;

2) для продуктивных пород характерна ощутимая неоднородность содержания как отдельных форм соединений углерода, так и соотношения между ними, свидетельствующая о наличии процесса переработки их глубинным восстановленным флюидом;

3) в местах рудопоявлений наблюдается существенное изменение соотношения между окисленными и восстановленными формами соединений углерода, обусловленное наличием геохимического барьера, где и происходит разрушение полезных компонент.

#### Л и т е р а т у р а

1. СЛОБОДСКОЙ Р.М. Элементоорганические соединения в магматических и рудообразующих процессах. Тр. ИГиГСО АН СССР, вып. 486, Новосибирск, Наука, 1981. - 134 с.

2. БАННИКОВА Л.А. Органическое вещество в гидротермальном рудообразовании. - М., Наука, 1990. - 207 с.

3. СЕМЕНЕНКО Н.П. Кислородно-водородная модель Земли. Киев, Наукова думка, 1990. - 243 с.

А.В.Савельев  
(САИТИМС, г.Ташкент)

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ДЕКРЕПИТАЦИИ И ГОМОГЕНИЗАЦИИ ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ЧАЙРЛЫ (ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ГИССАРСКОГО ХРЕБТА)

Определение температур декрепитации и гомогенизации газовой-жидких включений (ГЖВ) проводилось в комплексе фациально-формационного изучения палеовулканитов и метасоматитов Шатрут-Кштутской площади в связи с ее перспективами на золото-полиметаллическое оруденение. Район работ расположен на южных склонах Гиссар-

ского хребта и относится к Дуузахской подзоне Южногиссарской структурно-формационной зоны (Э.А.Портнягин, 1968).

Рудопоявление Чайрлы локализовано в вулканогенно-осадочной метариолит-метабазальт-карбонатной маставатской свите ( $O_2^{шв}$ ). Породы свиты претерпели изменения эпидот-амфиболитовой и частично амфиболитовой фации регионального метаморфизма. Кроме этого, породы свиты находятся в зоне контактового метаморфизма, обусловленного близостью к раббро-гранитному Шатрутокому интрузиву ( $P_2^g$ ).

На рудопоявлении распространены метариолиты с прослоями мраморов мощностью до 3-5 м с наложением серии субширотных разрывных нарушений. Данные нарушения сопровождаются кварцевыми жилами мощностью от 1-2 см до 0,3 м и линейными зонами метасоматической проработки.

По рудопоявлению Чайрлы было проведено определение температур гомогенизации ГЖВ в кварцевых жилах и изучение декрепитационности метасоматически измененных метавулканитов. Декрепитометрия проводилась по трем гипсометрическим уровням: 1 - горизонт 2480 м по штольня; 2 - горизонт - 2510 м по поверхности над штольней; 3 - горизонт 2640 м по поверхности над штольней и в 200 западнее. Определение температур гомогенизации ГЖВ проводилось по первому и третьему горизонтам. Для сравнения оба вида работ проводились и на удалении от рудопоявления на площади 6 км<sup>2</sup>.

По гомогенизации ГЖВ на горизонте 2480 м (27 проб) получены следующие результаты. Подавляющая часть ГЖВ гомогенизируется по первому типу (Ермаков Н.П., 1950) с переходом в жидкую монофазу. Температурный диапазон гомогенизации 90-410°C, причем температуры ниже 130°C и выше 390°C наблюдаются крайне редко. В диапазоне 130-390°C выделяются два пика: 1 - 300-330°C и 2 - 190-230°C. С этими же пиками связаны включения негативных кристаллов. Из других форм наблюдаются каплевидные, трубчатые, неправильные амёбообразные. ГЖВ с этими формами гомогенизируются по всему температурному интервалу. В ряде случаев имеются единичные ГЖВ с углекислотой и колеблющейся газовой фазой. Кварцевые жилы с максимальными содержаниями рудных компонентов (Au 0,2-0,5 г/т, Ag 5-10 г/т, Pb - 0,7%, Zn - 1%). Обычно обладают совокупностью следующих признаков: 1 - наличие обоих пиков температур гомогенизации 300-330°C и 190-230°C; 2 - наличие включений негативных кристаллов; 3 - наличие колеблющейся газовой фазы; 4 - наличие включений с углекислотой.

На горизонте 1640 м (4 пробы) и на удалении от оруденения (8 проб) ГЖВ в кварцевых жилах не обладают суммой вышеперечисленных признаков и, как следствие, в них отмечаются близзарковские значения рудной минерализации. Для горизонта 1640 м диапазон температур гомогенизации от 150 до 340°C с пиком 190-230°C. На удалении от рудопоявления температура гомогенизации в диапазоне 130-230°C с пиком 160-210°C.

По декраптометрии фоновая декрептоактивность района для метариолитов маставатской свиты колеблется от 0 до 20 импульсов, средняя с импульсов, причем растрескивание включений происходит в интервале 500-700°C, что свидетельствует о первично магматической и метаморфической их природе (46 проб). По горизонту 1480 м получены следующие результаты (таблица). Кварцевые жилы обладают наиболее высокой декраптоактивностью - 281 импульс с двумя ярко выраженными пиками 220 и 320°C, что согласуется с данными по гомогенизации ГЖВ. Далее, по мере понижения декрептоактивности следуют: интенсивно пропилитизированные метариолиты - 235 импульсов с пиками 260 и 320°C; слабопропилитизированные метариолиты - 96 импульсов с пиком 280°C; окварцованные метариолиты - 47 импульсов с пиками 220 и 300°C, что обнаруживает связь с кварцевыми жилами; березитизированные метариолиты - 47 импульсов с пиком в 260°C; неизменные метариолиты - 5 импульсов со слабо выраженными пиками 280 и 700°C. Степень рудной концентрации находится в прямой зависимости от интенсивности пропаривания пород (см. табл.).

Средняя декрептоактивность и среднее содержание рудных компонентов (г/т) по горизонту 1480

| Дакт. | Au    | Ag   | Pb   | Zn   | n  | Порода                                     |
|-------|-------|------|------|------|----|--|
| 281   | 0,053 | 1,64 | 352  | 370  | 26 | Кварцевые жилы                             |
| 235   | 0,3   | 17   | 4200 | 6890 | 17 | Интенсивно пропилитизированные метариолиты |
| 96    | 0,08  | 3,48 | 960  | 840  | 31 | Слабо пропилитизированные метариолиты      |
| 47    | 0,03  | 1,9  | 400  | 530  | 20 | Окварцованные метариолиты                  |
| 47    | 0,043 | 0,97 | 103  | 200  | 16 | Березитизированные метариолиты             |
| 5     | 0,043 | 1,2  | 110  | 160  | 24 | Неизменные метариолиты                     |

Как видно из таблицы исключение составляют кварцевые жилы, что свидетельствует о рудопроводимей, а не рудоёмкающей их роли. Рудовмещающей разновидностью являются интенсивно пропилитизированные метариолиты.

На горизонте 1640 м (32 пробы) наблюдается понижение и декрептоактивности, и степени минерализации до близзарковского уровня. Горизонт 1510 м (15 проб) занимает по этим характеристикам промежуточное положение.

Таким образом, по результатам гомогенизации и декрепитации ГЖВ с учетом поведения рудных компонентов можно предположить, что на более глубоких горизонтах гилротермальная деятельность и связанная с ней изменения пород имели более широкое развитие и, как следствие, продуцировали рудные тела со степенью минерализации не меньше, чем по горизонту 1480 м.

Е.И. Жогова  
(ТулНИИ, г. Тула)

ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)

Было исследовано месторождение жильного типа в штоке габброидов. Декрепитационный анализ проводился на термовакуумной установке РД-3 производства Ростовского университета в режиме с одновременной фиксацией температуры нагрева образца и приращения давления ( $\Delta P$ ), создавшегося в результате термического покрытия включений в навеске кварца, отбираемой под биноклем. Чистота навески кварца для анализа составляла 100 мг, размер фракции 0,5-0,25 мм, скорость нагрева - 25°C/мин. Распирковка декрептограмм проводилась по методике Труфанова В.Н. (РГУ) с учетом следующих основных параметров: температура начала ( $T_n$ ) и конца ( $T_k$ ) декрепитации, максимальной температуры ( $T_{max}$ ) декрепитации в общем и в каждой генетической группе включений ( $T_{max}^1, T_{max}^2, T_{max}^3$ ), обшей флюидной составляющей ( $J_0$ ) и флюидной составляющей в каждой группе включений ( $J_1, J_2, J_3$ ). Кроме того, классифицировались декрептограммы по их конфигурациям. Материалы собраны при полевых исследованиях 1990-1991 гг. ст. научн. сотр. Паньчевым И.А. и Хандожко Н.В.

Было выявлено 5 разновидностей кварца по декрепитационным параметрам.  $Q_1$  - из прожилков. Характеризуется самой простой конфигурацией декрептограммы с одним пиком газовыделения в интервале 370-460°C. По характеру восходящей ветви декрептограммы можно заключить, что в составе ГЖВ преобладает газовая фаза. Минералообразующие растворы формировались в пневматолито-гидротермальный этап и характеризовались высокой температурой (410-430°C). Этот кварц отмечается в безрудных участках. С приближением к руде наблюдается формирование второго пика газовыделения в интервале 210-340°C с  $T_{max} = 230-250^\circ$ . С увеличением содержания металлов этот интервал увеличивается по объему флюидной составляющей в 2-3 раза - это уже  $Q_2$ .

Жильный непродуктивный кварц имеет 2 разновидности:  $Q_3$  - по всем показателям совпадает с прожилковым ранним безрудным и  $Q_4$  - с одним максимумом газовыделения в интервале 180-390°C и  $T_{max} = 330-350^\circ$ . По конфигурации декрептограммы можно заключить, что в составе ГЖВ преобладает жидкая фаза. Совершенно отсутствуют вторичные включения. Продуктивный кварц -  $Q_5$  характеризуется самой сложной конфигурацией декрептограммы: наличием трех, четко обособленных максимумов газовыделения в интервалах температур 110-160°C, 180-280°C, 320-400°C с  $T_{max}$  соответственно: 110-130°C, 250-270°C, 360-390°C, при высокой общей декрептоактивности во всех трех интервалах. Этот кварц характеризуется максимальной величиной  $T_n - T_k$  декрепитации, что говорит об усилении активности гидротермальных растворов (Нарсеев В.А., 1973).

Наряду с декрепитацией кварца, была проведена и декрепитация золота. Идентичность кривых декрепитации золота и продуктивного кварца, совпадение по интенсивности и по температурным интервалам декрепитации подтверждает генетическую близость их, а также парагенетическую связь с магматическим очагом. Отложение золота происходило в два этапа: 1 - позднепневматолитовый-раннегидротермальный, о чем свидетельствует температурный интервал декрепитации 330-460°C с  $T_{max} = 370-390^\circ$  (отложение золота на этом этапе шло одновременно с формированием кварцевых жил) и 2 - гидротермальный, проходивший в интервале температур 180-280°C с  $T_{max} = 230-250^\circ$ . Отложение золота на этом этапе происходило уже при сформировавшихся кварцевых жилах.

Эти данные разбраковывают кварц по степени золотосности, что позволяет использовать метод при оконтуривании промышленных блоков.

И.В.Поливняк, Т.А.Карамышева,  
В.А.Ковалевский, Ю.Г.Рогов, Ю.А.Итсшин,  
В.Я.Бухаров, С.Г.Гончарук, В.Г.Деревянен,  
Н.К.Глянько

(Львовский госуниверситет, ПГО "Соснов-геология")

#### ОПЫТ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ НЕКОТОРЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ УРИК-КИТАЙСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

Исследованы физико-химические условия формирования ряда золоторудных объектов Урик-Китайского рудного узла. Показано, что изученные месторождения и рудопроявления являются сложными полигенными образованиями, сформировавшимися в широком диапазоне температуры (500-700°C) и давления (1600-600 атм). История и температурный режим формирования эталонного месторождения иллюстрируется с помощью пятистадийной схемы процесса минералообразования: А. Допроодуктивный этап (пневматолито-гидротермальный), включающий три стадии - молибденит-кварцевую (500-420°C), турмалиновую (465-330°C) и пирит-кварцевую (460-270°C); Б. Продуктивный этап (гидротермальный) - кварц-полисульфидная стадия (340-150°C); В. Послепродуктивный (гидротермальный) - кварц-карбонатная стадия (150-70°C). Выявлена цикличность в последовательности кристаллизации минералов (кварц-сульфиды-карбонат), регрессио-инверсионный характер изменения температуры минералообразования и периодичность соединения минералообразующих элементов в минеральные индивиды, ассоциации и комплексы.

Установлено, что золоторудными являются углекислотно-водные растворы, а выделение основной массы золота определялось физико-химическими условиями формирования минералов продуктивного комплекса. Оптимальными для выделения полезного компонента были температуры 260-200°C. Судя по результатам палеотемпературного моделирования, золоторудные растворы проникали в область локализации руд из глубины и по мере продвижения в верхние горизонты охлаждались. Градиент изменения температуры гомогенизации включений, сформированных в продуктивную стадию, по восстановлению гидродинамических потоков варьирует от 16,6 до 22,4°C на 100 м.

Разработан комплекс термобарогеохимических, минералого-генетических и геофизических поисково-оценочных критериев и призна-

ков обоснования перспективной оценки на глубину изученных золоторудных объектов. При решении прикладных задач были использованы следующие важнейшие положительные поисково-оценочные критерии: 1) наличие жидкой и газообразной  $\text{CO}_2$  во включениях; 2) гомогенизация таких включений при температурах, не превышающих  $260^\circ\text{C}$ ; 3) обнаружение в составе продуктивных растворов отношений  $\text{Na}^+ + \text{K}^+ : \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \leq 1$  и  $\text{K}^+ : \text{Na}^+ \leq 0,3$ ; 4) повышенные количества  $\text{CO}_2$  в составе валовых газовых вытяжек; 5) присутствие пиритов пентагон-додекаэдрического габитуса либо кубических форм с отчетливой штриховкой с микрогранями [210], характеризующихся дюрочной проводимостью, либо присутствие ранних пиритов со "смешанными" термоэлектрическими свойствами; 6) присутствие галенита, характеризующегося электронной проводимостью со средними значениями термо-э.д.с.  $> 400$  мкВ/град; 7) локальные повышения концентрации калия до  $1,2-2,0 \cdot 10^{-1}\%$  в сочетании с интенсивной околожильной барезитизацией; 8) наличие линейных аномалий минимумов  $\rho_{\text{д}}$  протяженностью порядка сотни метров, присущих зонам милонитизации, расолачевания и катаклаза в рудомещающих и рудоконтролирующих разрывных структурах; 9) данные по геохимии элементов спутников золота.

Проведена перспективная оценка и разбровка известных золоторудных объектов, выделены из них перспективные для изучения на глубину. По результатам переоценки флангов и глубоких горизонтов изученных объектов с позиции термобарогеохимии их прогнозные ресурсы увеличились вдвое, а на юго-восточном фланге эталонного месторождения выявлены промышленные концентрации золота.

А.Г. Грановский, Н.В. Грановская  
(РГУ, г. Ростов-на-Дону)

#### ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ОЦЕНКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ТИПОВ РУД

Оценка запасов и условий эксплуатации золото-серебряных месторождений зависит от четкого выделения минеральных типов руд и определения их пространственного положения в контурах рудных тел. К числу параметров, используемых для решения этой задачи, относятся температурные интервалы образования минеральных ассоциаций, фазовый, компонентный и химический составы включений, генетически соответствующих выделенным ассоциациям, физико-химические

показатели растворов включений, отражающие интенсивность и условия рудообразования. Эффективным для характеристики и оценки зональности типов руд является термобарогеохимическое изучение не только отдельных минералов, но и целых минеральных комплексов в самих рудных телах и рудомещающих породах, с определением признаков оруденения, их классификацией и картированием по вертикальным и горизонтальным сечениям месторождения. Результатом работ является создание прогнозно-генетической модели с количественной характеристикой параметров объекта: уровня глубинности, схемы зональности типов руд, пространственного положения участков концентрированного оруденения.

В настоящем докладе приведены результаты комплексных минералого-термобарогеохимических исследований нескольких малоглубинных золото-серебряных месторождений (Аметистовое, Камчатка; Корчикское, ЮВ Донбасс; Чадакское, Средняя Азия).

Для основных рудных жил месторождения "Аметистовое" установлены температурные параметры образования продуктивных ассоциаций разных стадий, дана физико-химическая характеристика растворов включений, построены парагенетические схемы минералообразования и на основе картирования термобарогеохимических признаков по разрезам месторождения рассчитаны прогнозные глубины распространения основных золотосодержащих ассоциаций.

Другим примером термобарогеохимического картирования золото-рудных проявлений является Корчикская площадь в Юго-Восточном Донбассе, где в терригенно-углеродистой толще каменноугольных отложений, в связи с дайками диорито-андезитов и трахиандезитов, обнаружены сульфидно-карбонатно-кварцевые жилы с повышенным содержанием золота. Картирование термобарогеохимических признаков оруденения (температурных интервалов декристаллизации, флюидоактивности, соотношения основных газовых компонентов включений) по минеральным ассоциациям рудных жил и окolorудно-измененным вмещающим породам позволило установить параметры ореолов, пропаривания пород, соответствующих пространственному положению рудных зон, в пределах которых выявить зональность распространения рудных ассоциаций и участки локальных концентраций полезных компонентов.

Для ряда рудных жил Чадакского месторождения Кураминской рудной зоны проведены классификация термобарических и минералогическо-геохимических признаков и прогнозная оценка оруденения методами кластерного, факторного и регрессионного анализов. Картирование значений факторов по разрезам рудных жил месторождения дало воз-

возможность определить закономерность распространения типов руд на глубину с количественной оценкой рудоносности в участках опробования.

Результаты исследований свидетельствуют о возможности эффективного применения методик термобарогеохимического картирования для целей локального и крупномасштабного прогноза золоторудных месторождений.

И.В.Дудок  
(ИГГТИ АН Украины,  
г.Львов)

#### ВКЛЮЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЖИЛЬНЫХ МИНЕРАЛАХ ФЛИШЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАРПАТ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПИИТЕГАЗОНОСНОСТИ

Практически во всех мел-палеогеновых флишевых комплексах Украинских Карпат выявлены скопления углеводородов (УВ), следы миграции которых установлены и в жильных образованиях осадочных толщ. Среди жильных минералов главными и наиболее распространенными являются кальцит и кварц типа "мармарошских алмантов". В тесной ассоциации с последними находятся различные битумы (антраксолиты, асфальтиты), занимающие центральную часть прожилков.

Методами термобарогеохимии изучены включения в жильном кальците и кварца, отобранных со всех структурно-тектонических единиц Складчатых Карпат (Раховского, Поркулецкого, Чернигорского, Дуклянского, Скибового покровов и Кросненской зоны). В отличие от кальцита, в котором доминируют водные, газовой-жидкие включения, в "мармарошских алмантах" преобладают существенно УВ включения. Включения с УВ по фазовому составу разделяются на три группы: газовые, жидкие и твердые. Твердые включения представлены различными битумами. Жидкие приурочены к внешним зонам роста кристаллов и представлены одной, реже двумя несмешиваемыми жидкостями. Газовые включения выполнены метаном с примесями более тяжелых УВ. Кроме выше названных, чисто гомогенных включений, наблюдается целый ряд гетерогенных.

По нашим данным, кристаллизация кальцита и кварца происходила в очень большом интервале температур - от +220 до +50°C и давлении до 100 МПа. В отдельных "мармарошских алмантах" консервация УВ флюидов происходила при еще более высоких P-T параметрах: 230°C и 255 МПа (Братусь и др., 1991). Как по нашим, так и

по опубликованным данным, в составе газовых включений явно доминирует метан (до 100%), состав жидких УВ включений также указывает на преобладание метана (45-60%) на фоне довольно значительных содержаний этана (до 34%), пропана (6-8%) и других более тяжелых УВ.

В результате изучения УВ включений выявлены особенности состава флюидов и палеотемпературные условия их миграции в пределах различных структурно-тектонических единиц Украинских Карпат. Это позволило, в свою очередь, сделать предположение о фазовом состоянии возможных скоплений УВ: на Юго-Востоке Украинских Карпат в нижнемеловых породах Раховского, Поркулецкого и Черногородского покровов вероятны скопления газоконденсатов, а на Северо-Западе - в верхнемеловых и палеогеновых породах Дуклянского покрова и Кросненской зоны - в основном жидких УВ.

Е.В.Хмелевская  
(ИГГТИ АН Украины, г.Львов)

#### ПРОГНОЗ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В СОЛЕНСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРЕДДОБРУДЖЬЯ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ В ГАЛИТЕ

Соленосные отложения верхнеюрского возраста в Преддобруджья представлены толщей каменной соли. С точки зрения геохимии эти образования оставались малоизученными. Применение методов термобарогеохимии и ультрамикрoхимического анализа растворов включений в галите дало возможность получить ряд физико-химических параметров, значительно конкретизирующих представления о геохимических условиях соленакопления в эвапоритовом бассейне Преддобруджья.

Исследованиями было установлено, что по химическому составу солеобразующие растворы соответствовали хлоридному типу. Концентрация хлорида калия в них на стадии седиментогенеза составляла в среднем 15,2 г/л, хлорида магния - 55,8 г/л, хлорида кальция - 19,1 г/л. Отсутствие в составе рапы заметных количества ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  позволило предположить неперспективность поисковых работ на содовое сырье и сульфатные соли в соляной толще.

Содержание калия в растворах включений соляных минералов достаточно успешно используется в качестве критерия для прогнозирования калийности соленосных отложений. Максимальное установленное в растворах включений в галите Преддобруджья количество

калия не превышает 15,5 г/л, а хлорида калия — соответственно 29,6 г/л. Такая концентрация составляет только около 30% от той насыщенности по этому компоненту, которая необходима для его выпадения в осадок, что свидетельствует о завершении ооленакпления в эвапоритовом бассейне задолго до стадии садки калийных солей.

Е.П.Мельников, Н.И.Мельникова,  
Л.Д.Бардучевский  
(ВНИИСИМС, г.Александров),  
М.Н.Кандинов, Д.Н.Хитаров  
(ВИМС, г.Москва)

#### ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КВАРЦА МЕТАМОРФОГЕННЫХ И ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Кварц из разнотипных природных образований имеет отличия в физических и химических свойствах (в структурных особенностях, характере минеральных и флюидных включений, типе и составе структурных примесей и т.п.), отражающих их генетические особенности. Обобщение данных по физико-химическим параметрам образования кварца в пегматитах, силекситах, силектитах, кварцевых жилах позволило составить сводную Р-Т-Х-диаграмму, на которой фигуративные точки достаточно четко обособляются в два группы, сливающиеся с понижением температур и давлений в одно широкое поле. Первая группа объединяет месторождения, образовавшиеся при давлениях до 200 МПа, являющиеся типичными магматогенными гидротермальными образованиями. По мере снижения температур от 500 до 100°C они образуют последовательный ряд: хрусталеносные и редкометалльные пегматиты, магматогенные силекситы, кварцевые жилы редкометалльных, золото-полиметаллических, флюоритовых и эпитермальных золото-серебряных месторождений. Вторая группа объединяет существенно метаморфогенные месторождения: слюдоносные пегматиты и силектиты слюдоносных формаций (Т = 500–700°C, Р = 500–900 МПа), редкометалльные пегматиты и месторождения гранулированного и гетерогенного кварца. В области слияния вышеуказанных групп располагаются образования смешанного метаморфогенно-гидротермального характера. Наиболее продуктивными в отношении качества кварцевого сырья являются месторождения второй группы.

По данным изучения включений состав минералообразующих растворов по мере снижения температур и давлений в кварцевых образованиях закономерно меняется от хлоридного, через хлоридно-карбонатный к гидрокарбонатному и гидрокарбонатно-сульфатному. В этом же направлении снижается и содержание высокоплотной свободной углекислоты во флюидных включениях. Общая минерализация растворов изменяется от  $n$  до  $n^3$  г/л. Флюидонасыщенность кварца меняется в широких пределах от 1–5 до 100–150 и более мг/100 г образца, что отражает развитие в нем флюидных включений и степень микроформированности минерала. Общая тенденция изменения этого параметра заключается в его увеличении от высокотемпературных парагенезисов до максимальных значений для кварца среднетемпературных месторождений и последующем понижении — для эпитермальных образований.

Морфология и фазовый составы флюидных включений в кварце различных генезисов отражают особенности его формирования. Для высокотемпературных гидротермальных образований в хрусталиковом и стекловидном кварце более характерны разнообразные (обычно крупные и хорошо ограненные) многофазовые включения, часто с твердыми фазами и жидкой углекислотой. Для средне- и низкотемпературных месторождений преобладают двухфазовые газово-жидкие включения, значительно меньших размеров. Для гранулированного кварца, формировавшегося в условиях высоких давлений, характерно появление специфических, вероятно метаморфогенных, единичных включений: существенно углекисло-солевого состава, при резком уменьшении количества включений всех остальных типов. Подобные включения нами отмечаются для морфогенных кварцевых месторождений Урала, Прибайкалья, Алдана и др.

Таким образом, термобарогеохимические данные не только характеризуют условия формирования кварцевого сырья, но могут эффективно использоваться как критерий для оценки его качества наряду с другими традиционными методами.

В.Н.Труфанов, М.И.Гамов, В.Г.Рылов,  
Н.И.Славгородский (РГУ, г.Ростов-на-Дону)

#### ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫБОРОСПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Термобарогеохимические исследования ископаемых углей в сочетании с другими экспериментальными и аналитическими методами позволяют получать качественно новую информацию об условиях форми-

рования и физико-химических особенностях природных систем "уголь-флюид". Применение высокочувствительных приборов - вакуумных декриптографов, созданных в Ростовском госуниверситете, дает возможность исследовать фазовые взаимодействия в таких сложных системах в интервале температур до 1000°C с высокой степенью дифференциации объектов изучения и селективным отбором микрокомпонентов углей.

Основным итогом проведенных исследований представляется выявление корреляционных связей между динамикой газовыделения при нагревании углей в вакууме, составом газов и условиями образования твердых горючих ископаемых, проявляющихся в их петрографических особенностях, надмолекулярной и молекулярной организации и степени метаморфизма. Эти данные дают возможность наметить ряд новых термобарогеохимических критериев выбросоопасности углей и на этой основе прогнозировать внезапные выбросы угля и газа на стадиях геологоразведочных и эксплуатационных работ.

Установлено, что в пределах потенциально выбросоопасных угольных пластов при определенных геодинамических и термобарогеохимических условиях (в интервале температур от 100 до 250°C и давлений от 50 до 100 бар) формируются относительно локальные участки флюидогенного преобразования углей в результате их взаимодействия с потоками углеводородно-водных флюидов, дренирующихся по зонам тектонических нарушений. В этих участках уголь приобретает аномальные взрывоопасные свойства, обусловленные специфической "сотовой" структурой угольного вещества, особым составом флюидной фазы (клатратные соединения включения), существованием метастабильных фаз углерода и его соединений.

Основным провоцирующим фактором развязывания внезапных выбросов угля и газа является быстрое одностороннее "снятие" внешнего давления при проведении горнопроходческих работ, в результате которого метастабильная система "уголь-флюид" практически мгновенно разрушается во всем объеме по схеме развития полной реакции на молекулярном и надмолекулярном уровнях. При этом возникают механо-химические и плазмохимические процессы генерации избыточных количеств газовой (флюидной) фазы, участвующей в диспергации и транспортировке угольной массы (образования "бешеной муки").

Детали и механизмы развития этих процессов и явлений требуют дальнейшего изучения.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ПО ГЕОХИМИИ МИКРОВКЛЮЧЕННЫХ ГАЗОВ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Результаты многолетних газогеохимических исследований магматогенных образований Кольского полуострова, в первую очередь щелочных пород Хибинского и Ловозерского массивов, находят применение при решении различных практических задач, связанных с поисками, разведкой и эксплуатацией месторождений полезных ископаемых. Так, особенности локализации микровключенных газов в породах хибинских апатито-нефелиновых месторождений (зоны повышенной газонасыщенности вблизи экзоконтактов рудных залежей) рассматриваются как поисково-оценочные признаки оруденения. Характер распределения, вариации соотношений газовых компонентов и их изотопов могут служить также индикаторами редкометалльной минерализации в апатитовых комплексах. Например, рудные горизонты Ловозерского массива выделяются рядом увеличением концентрации гелия в микровключенных газах, над- и подрудной зонах повышенной общей газонасыщенности, наибольшей величиной отношения ( ${}^4\text{He}/{}^{40}\text{Ar}$ )<sub>рад</sub> и минимальной -  ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ . Уровень содержания  $\text{CO}_2$  и  $\text{Si}_4$  в кварце гранитных пегматитов является типоморфным признаком, по которому керамические и слюдоносные пегматиты отличаются от редкометалльных. В последних концентрация диоксида углерода и метана на порядок выше. Повышенные содержания водорода в микровключенных газах и наличие метановых ореолов - характерные признаки рудной минерализации гидротермально-метасоматических зон в гнейсах и гранитоидах. Газометрические показатели рекомендовано применять при оценке базит-гипербазитов на сульфидное медно-никелевое оруденение. Здесь сингенетичные руды отличаются пониженной газонасыщенностью, а промышленное эпигенетическое оруденение сопровождается увеличением содержания микровключенных газов. В наиболее богатых рудах отмечается уменьшение отношения  $\text{H}_2/\text{CH}_4$ . Установленная взаимообусловленность вариаций содержания и состава микровключенных газов с одной стороны, и геохимических параметров (скоростей прохождения упругих волн, коэффициентов попе-

речной деформации и хрупкости, максимальных напряжений сжатия и растяжения) с глубиной, служит предпосылкой использования газогеохимических особенностей для оценки напряженно-деформированного состояния локальных участков шалочных изверженных пород и прогнозирования опасных при ведении горных работ динамических проявлений горного давления. При этом наиболее информативны соотношения индивидуальных газов и концентрации второстепенных и малых компонентов в газовых микровключениях, а не общая газонасыщенность пород, определяемая преимущественно метаном. Пространственная и генетическая взаимосвязь глобально выделяющихся и микровключенных газов и лучшая доступность последних для изучения в породах шалочных массивов давно и успешно используются для прогноза газопроявлений и газообильности горных выработок при эксплуатации рудных месторождений. Результаты газогеохимических исследований (особенности распределения относительно рудных залежей, петрографические и минералогические факторы локализации газов в породах, выявленные тенденции изменения состава и содержания газов с глубиной) явились основой для разработки специальных мер газобезопасного ведения подземных работ горнодобывающими предприятиями.

А.Г. Бушев, Д.Н. Хитаров, Н.А. Черкашина (ВИМС),  
Т.А. Жуйкова (ВНИИГеолнформсистем)

#### ТОКСИЧНЫЕ ВЕЩЕСТВА В МИНЕРАЛАХ ПЕГМАТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В значительной части пегматитовых месторождений в кварце, полевых шпатах и слюдах выявлен ряд токсичных веществ, которые вызывают поражение людей в подземных горных выработках, обогатительных фабриках и лабораториях.

Детальные исследования показали, что они находятся в газожидких включениях. Методом газовой хроматографии и водных вытяжек в минералах пегматитов было выявлено значительное количество газообразных и жидких минералов, относящихся к органическим соединениям. Наибольшим распространением среди них пользуются предельные и непредельные углеводороды (35 видов) и ароматические углеводороды (9 видов). В меньшем количестве отмечаются битумы, спиртобензолные смолы, амины (8 видов), формальдегид и цианамин. Часть из соединений обладает сильными токсичными свойствами.

К ним относятся часть предельных и непредельных углеводородов. Предельно допустимые концентрации их составляют  $300 \text{ мг/м}^3$  воздуха рабочей зоны. Более сильными токсичными свойствами обладает часть ароматических углеводородов. К ним относятся нафталин, бензпирен, фенантрен, предельно-допустимые концентрации которых не должны превышать  $1,5 \cdot 10^{-4}$ – $20 \text{ мг/м}^3$ . Наиболее токсичными являются соединения группы аминов (метиламин и этиламин), предельно-допустимые концентрации которых составляют  $1$ – $2 \text{ мг/м}^3$ . Концентрация токсичных веществ в разных минералах отличается. Наиболее высокие концентрации наблюдаются в мусковите и наименьшие в кварце. Содержание углеводородов в мусковите составляет  $3$ – $50 \text{ см}^3/\text{кг}$  минерала, в кварце –  $0,2$ – $1,5 \text{ см}^3/\text{кг}$ . Отмечается зависимость между содержанием этих веществ в кварце и степенью токсичности пород. При содержании углеводородов  $0,3$ – $0,5 \text{ см}^3/\text{кг}$  случаев поражения людей не отмечено. При содержаниях  $0,5$ – $0,8 \text{ см}^3/\text{кг}$  поражения отмечаются редко и в случае проведения взрывов большой мощности. Кварц с содержанием углеводородов свыше  $1,0$ – $1,2 \text{ см}^3/\text{кг}$  обладает токсичными свойствами. Выявлены три основные причины появления токсичных веществ в минералах.

Первая обусловлена первичным составом газожидких включений. Токсичные углеводороды изначально присутствуют в пегматитовой магме. Вторая причина связана с синтезом токсичных веществ в газожидких включениях под влиянием взрывов. В этом случае образуется основная масса аминов, цианамин и формальдегид. Наличие в вакуолях углеводородов, водорода и азота и высокие давления и температуры, достигающиеся при взрывах способствуют синтезу этих веществ. Третья причина насыщения минералов токсичными веществами связана с проникновением в них по трещинам продуктов сгорания взрывчатых веществ. В последнем случае они легко отличаются по характеру локализации от первичных включений. Наличие в минералах пегматитов углеводородов и других органических соединений с токсичными свойствами требует проведения специализированных минералогико-токсикологических исследований пегматитовых месторождений для избежания поражений персонала в процессе добычи и переработки руд.

Х.А.Ақбаров, Ф.И.Исламов, В.С.Поликовский, А.М.Полванов, Э.Эгдйбардыев  
(Госкомгео Узбекистана, САИГИМС,  
г.Ташкент)

#### НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ, ВОЗМОЖНОСТИ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИИ В УЗБЕКИСТАНЕ

Возникновение и развитие термобарогеохимии как нового раздела науки и Земли в значительной степени было обусловлено успехами геологии в 40-50-х годах и тесно связано с работами Н.П.Брамакова, который основываясь на результатах разносторонних исследований минералообразующих растворов по газово-жидким включениям, впервые обосновал возможность использования включений минералообразующих флюидов не только для познания их генетических особенностей, но и для решения определенных практических геологических задач, целенаправленных на выявление эндогенных месторождений полезных ископаемых.

Анализ материалов Всесоюзных термобарогеохимических совещаний, которые систематически проводятся с 1963 г. (гг.Москва, Новосибирск, Александров, Ростов-на-Дону, Уфа, Владивосток, Львов) и международных симпозиумов (гг.Дели, Прага, Токио, Тбилиси, Стокгольм, Москва и др.) убедительно свидетельствуют о больших возможностях, которые получают геологи, использующие термобарогеохимические методы исследований при целенаправленных поисковых и геологоразведочных работах на золото, цветные и редкие металлы, флюорит и др. виды минерального сырья.

Для определения главных термобарогеохимических параметров (Т-Р-Х), выявленных при изучении процессов минералов и рудообразования по включениям, применяется главным образом методы гомогенизации и декрепитации, а также различные методы барометрии, специальные методы определения солевого и газового состав. этих растворов по включениям в минералах и горных породах. При этом получают объективные характеристики, позволяющие определить следующие особенности процессов минерало- и рудообразования:

- 1) время и место отделения рудоносных флюидов,
- 2) постмагматическое минералообразование,
- 3) стадии формирования месторождений,
- 4) типы вертикальной и латеральной зональности,

- 5) связь месторождений с интрузиями,
- 6) возраст месторождений,
- 7) глубина формирования месторождений,
- 8) размах оруденения,
- 9) уровень эрозионного среза,
- 10) роль давления при движении растворов и минералообразовании,

II) пути движения и ширина потоков рудообразующих растворов.

- 12) метаморфогенное минералообразование.

Опыт ведения термобарогеохимических работ в Узбекистане свидетельствует о возможности их эффективного использования на всех стадиях и этапах осуществляемых геолого-съемочных, поисковых и геологоразведочных работ.

#### Стадии поисков и поисково-оценочных работ

На этапе геолого-съемочных работ, которые предворают начало стадии собственно поисковых работ, термобарогеохимические исследования имеют своей основной задачей изучение возможности районирования территории с выделением отдельных площадей или конкретных участков, перспективных для постановки и проведения работ, целенаправленных на выявление скрытого оруденения или зон, контролировавших движение рудогенерирующих растворов.

На стадии поисковых и поисково-оценочных работ термобарогеохимические исследования позволяют получить объективные сведения, обосновывающие необходимость проведения более детальных поисков или геологоразведочных работ на выявление скрытого оруденения. К ним относятся, прежде всего, термобарогеохимические сведения о генетических типах обнаруженных рудопроявлений; выявление стадийности процесса оруденения, характера связи оруденения с изверженными породами, степени достоверности отнесения разрывных нарушений к категориям рудоподводящих или рудоконтролирующих каналов, а также сведения о возможности выявления вертикальной и латеральной температурной зональности, свойственных конкретным рудопоявлениям и другим образованиям.

#### Статья предварительной и детальной разведки

В процессе работ на стадии предварительной и детальной разведки с помощью методов термобарогеохимии представляется возмож-

ность получения достоверной информации для решения следующих вопросов: 1) определение особенностей зональности изучаемого рудопроявления или месторождения, а также отдельных рудных тел, 2) оценка глубины эрозионного среза, 3) выявление внутри- и пострудных смещений, определение направления и амплитуды относительного перемещения рудомещающих блоков, 4) разработка комплекса термобарогеохимических оценочных критериев оруденения, 5) корреляция частей рудных тел, перемещенных в результате пострудных тектонических нарушений и подвижек.

Основываясь на опыте термобарогеохимических исследований в Узбекистане и учитывая "Методические положения по изучению газопорочно-жидких включений постмагматических рудных месторождений цветных металлов" (Н.П.Ермаков, 1984), Министерством геологии Узбекистана была впервые разработана "Временная инструкция по использованию методов термобарогеохимии при геолого-съемочных, поисковых и геологоразведочных работах на золото, цветные и редкие металлы, флюорит и другие виды минерального сырья", которая рекомендована геологоразведочным экспедициям, партиям и отрядам при проведении осуществляемых ими работ в комплексе с другими традиционными методами исследований.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ФЛОИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ  
ПО АДЕКВАТНОСТИ С ИХ УМВ

Совместно с рядовыми (различимыми под оптическими микроскопами) флюидными включениями или без них (отдельные участки горного хрусталя) в минералах распространены флюидные ультрамикровключения (УМВ). Их главные признаки: диаметр вакуолей равен примерно 0,2–0,1 мкм; равномерное распределение в кристалле (система: матрица+УМВ) и множественность (до миллиарда в 1 мм<sup>3</sup>); термическая декрепитация, но тех, которые находятся в приповерхностных зонах зерен; коэффициент герметичности вакуолей близок к единице, т.е. популяция первородных УМВ не подвергается разрушающему воздействию трещиноватости в матрице – главному истребителю нормальных индивидуальных включений. Вывод: УМВ – это первичные флюидные включения.

Сейчас многие полноценные термобарогеохимические исследования можно осуществлять только с рядовыми флюидными включениями, доступ к которым значительно проще, чем к УМВ. Но в этом случае должна быть твердая уверенность, что имеешь дело с первичными включениями. Однако трещиноватость – атрибут большинства минеральных индивидов и главный разгерметизатор нормальных вакуолей – снижает или сводит на нет эту уверенность.

Для определения первичных флюидных включений разработан метод, который основан на термобарографическом анализе – сопоставлении декрептограмм УМВ и обычных включений. Структура метода следующая (на примере образцов кварца): 1) образец дробится и фракционируется; 2) проба (фракция 0,25) градиентно нагревается для записи декрептограммы рядовых включений; 3) после охлаждения эта же проба истирается в порошок, который нагревается в том же режиме для записи декрептограммы УМВ; 4) обе декрептограммы сравниваются между собой, их адекватность – признак первичности рядовых включений.

Для определения первичных включений в качестве контрольного или самостоятельного предлагается дополнительный способ – адекватности показателей концентрации (рассчитанных для УМВ и обычных включений), который основан на определении соотношения концентраций калия и натрия.

Показатель концентрации определяется соотношением:

$$K_{\text{конц}} = \frac{a_K}{a_{\text{Na}}}$$

где  $K_{\text{конц}}$  – показатель концентрации;  $a_K$  и  $a_{\text{Na}}$  – содержания калия и натрия во флюидных растворах УМВ и обычных включений.

Определение концентраций калия и натрия в УМВ и рядовых включениях осуществляется в следующей последовательности: 1. Дубликат пробы (фракция 0,5) с определенной массой истирается не продолжительное время в "грубый" порошок. В это время большая часть рядовых флюидных включений декрепитируется механическим путем и увлажняет собой порошок; 2. Этот порошок помещается в дистиллированную воду с определенным объемом, где происходит растворение декрепитированных включений; 3. Этот раствор анализируется на калий и натрий с помощью пламенного фотометра, и в итоге рассчитывается показатель их концентрации; 4. Промытый на предыдущей стадии и высушенный грубый порошок истирается уже в тонкий с целью механической декрепитации УМВ; 5. Этот порошок также помещается в дистиллированную воду с определенным объемом, где и происходит растворение УМВ; 6. Фотометрией пламени в этом растворе определяются концентрации калия и натрия в УМВ и вычисляется показатель их концентрации. Адекватность рассчитанных показателей концентраций – свидетельство первичности рядовых флюидных включений.

Б.М.Мергенов, Т.П.Малик  
(ИГи, г.Алма-Ата)

РАМАНОВСКИЙ МИКРОЗОНД И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

В последние годы одним из наиболее перспективных методов, применяемых для анализа молекулярного состава включений без их вскрытия, стала микрозондовая модификация метода спектроскопии комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия).

Приводится описание рамановского микрозонда, созданного в Институте геологических наук им.К.И.Сатпаева АН Республики Казахстан. Прибор собран на базе микроскопа МУ-2 "Carl Zeiss" и спектрометра ДЭС-24. В последнем нарезные дифракционные решетки заменены на голографические решетки, специально изготовленные

французской фирмой "Jobin Yvon" Голографические решетки не имеют параблических ошибок, поэтому чистота получаемых с их помощью спектров выше, чем у нарезных решеток. Это имеет особенно большое значение при исследовании микрообъектов с низкими концентрациями анализируемых компонентов, какими, например, являются включения в минералах. Кроме того, повышение чувствительности прибора осуществлялось путем многократного накопления спектров с использованием персонального компьютера. В оптическую схему прибора нами введен локализирующий узел, позволяющий осуществлять выбор и ограничение исследуемого участка. В качестве источника возбуждения использован аргоновый лазер фирмы "Carl Zeiss".

Для оценки качества работы прибора мы повторили анализ эталонного образца в лаборатории Бюро геологоразведки (BRGM) в г. Орлеане (Франция) на рамановском микрозонде U-1000 (фирма "Jobin Yvon"). Результаты показали, что чувствительность прибора не уступает зарубежному аналогу даже при меньшей мощности возбуждения, достигая локальности 1 мкм.

Используя рамановский микрозонд авторы провели исследование расплавленных включений во вкрапленниках кварца девонских риолитов Рульского Алтая. Включения имеют размеры 10-30 мкм и представлены стекловатыми и тонкораскристаллизованными разностями.

Изучение строения стекла расплавленных включений выявило наличие в раман-спектрах полос, характерных для тетраэдров, содержащих соответственно один, два, три и четыре неостиковых кислорода и групп (Si, Al)-OH. Выявлена обратная зависимость интенсивности полосы 3530 см<sup>-1</sup>, соответствующей валентным колебаниям группы OH от температуры гомогенизации. Однако следует отметить отсутствие в спектрах стекол полосы 1640 см<sup>-1</sup>, соответствующей деформационным колебаниям H-O-H и таким образом диагностирующей молекулярную воду. Для рудоносных риолитов установлено появление широкой полосы в интервале 1400-3900 см<sup>-1</sup> вследствие гидратации стекла во включениях. Мы связываем ее с существованием хлорокислотных металлоорганических комплексов.

Рамановский микрозонд позволил также диагностировать кристаллы-спутники в стекловатых расплавленных включениях без вскрытия последних: установлено присутствие кристаллов апатита и анортита.

Т.М.Суцэвская, А.М.Ерохин, Д.Н.Хитаров,  
Л.В.Балицкая  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва; ВНИС, г.Москва;  
ИЗМ РАН, пос.Черноголовка)

#### О СООТВЕТСТВИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНЫХ ВЫТЯЖЕК ИЗ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ СОСТАВУ МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩЕЙ СРЕДЫ

С целью подтверждения надежности метода водных вытяжек получен экспериментальный материал, содержащий включения растворов заданного состава в образцах кварца и кальцита. Флюидные включения в этих минералах образовались непосредственно в процессе роста кристаллов. Выращивание кристаллов кварца осуществляли из растворов хлоридов Na и Li на затравочных пластинках монокристалльного синтетического кварца, ориентированных параллельно граням базопинаксида. Газожилистые включения в кристаллах образовывались в результате захлопывания мелких вытянутых вдоль оптической оси открытых полостей. Последние возникают вследствие вырождения базисной поверхности с замещением ее совокупностью плотно прилегающих друг к другу пирамидок, на границах которых формируются полости, заполненные маточным раствором. Кристаллы кальцита были синтезированы из водных растворов NH<sub>4</sub>Cl, в качестве дополнительных компонентов в раствор вводились хлориды Na и K, шихтой служил чистый монокристаллический кальцит. Газожилистые включения размером сотые и десятые доли миллиметров, изометричной формы формировались вдоль зон роста и имели первичное происхождение. Включения вскрывали истиранием в кварце, истиранием и термической декрепитацией в кальците.

Согласно проведенным криометрическим и атомно-абсорбционным измерениям, величины отношения Na/Li в исходных растворах и в растворах включений сопоставимы между собой в пределах ошибок эксперимента и анализа. О близком соответствии составов растворов включений и исходных растворов свидетельствуют и результаты, полученные по кальцитам. Отклонения объясняются малым суммарным объемом (массой) вещества включений, что соответствует нижнему пределу чувствительности методик анализа. Более существенные отклонения обнаружены при анализе водных вытяжек из кальцита, включения в котором вскрывались термической декрепитацией. Концентрации в них оказались заниженными по всем компонентам.

Т.А.Кокина, С.Н.Князева, Н.В.Корсакова,  
Л.П.Банин, Н.П.Старшинова, Т.М.Суцеевская  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ В ПОЛОВОМ ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ СОСТАВА ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ

Современные инструментальные методы анализа позволяют значительно расширить круг измеряемых компонентов флюидных включений, включив в него большую группу подчиненных, редких, рудных элементов, суммарные концентрации которых находятся на уровне  $\leq 10^{-1}\text{М}$  (раствор включений) и  $\leq 10^{-5}\text{М}$  (раствор водной вытяжки). В связи с изучением окислительно-восстановительных реакций в процессах рудообразования особый интерес представлял поиск возможностей определения серы и мышьяка, играющих в этих реакциях роль окислителей.

Для определения  $\Sigma\text{S}$  (II) разработан высокопроизводительный полуавтоматический потенциометрический метод на основе применения проточно-инжекционной системы. Метод позволяет определять S (II) из 10-100 мкл раствора в интервале измеряемых концентраций в щелочных вытяжках  $5 \cdot 10^{-6} - 10^{-5}\text{М}$  с относительным стандартным отклонением  $\text{Sr} = 0,07$ . Усовершенствованный вариант метода в статических условиях позволяет определять концентрации сульфид-ионов в растворах в диапазоне  $10^{-7} - 10^{-5}\text{М}$  с  $\text{Sr} = 0,1$ . В обоих случаях определения проводятся на воздухе в отсутствие восстановителя в сильнощелочной среде (0,1-1,0 М NaOH).

Для определения  $\Sigma\text{As}$  в растворах водных вытяжек из включений предложена методика атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией (ЭТААС) и с использованием в качестве модификатора. Выбранные условия анализа позволяют определять As в интервале концентраций  $10^{-7} - 10^{-6}\text{М}$ , что соответствует интервалу  $10^{-4} - 10^{-2}\text{М}$  в минералообразующей среде, из навесок минерала 100-300 мг. Для интервала концентраций во флюиде  $10^{-4} - 10^{-2}\text{М}$   $\text{Sr} \leq 0,30$ , для концентраций  $< 10^{-4}\text{М}$ ,  $\text{Sr} > 0,30 < 0,70$ .

Изучена возможность применения атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП) к анализу вещества флюидных включений. Получены систематические данные по концентрации бора в оловяносных гидротермальных растворах. В разработанном варианте анализ проводится на спектрометре ICAP-9000 и харак-

теризуется нижним пределом обнаружения 0,01 мкг/мл  $\text{Sr} = 0,03$  для интервала измеряемых концентраций. Показаны возможности параллельного измерения из тех же растворов ряда рудных элементов ( $\text{CuZn}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Mn}$ ), а также  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ .

А.М.Ерохин  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### НОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ УГЛЕКИСЛОТЫ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ПЛАВЛЕНИЯ ГАЗИДРАТА И РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРА ВО ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ СОСТАВА $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$

Флюидные включения состава  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$  широко распространены в природе. Данные об их составе необходимы для оценки физико-химических параметров различных гидротермальных процессов. Плотность углекислоты и концентрация раствора во включениях - необходимы при расчете состава флюида.

Обычно плотность чистой  $\text{CO}_2$  в углекислотной фазе включения ( $d_{\text{CO}_2}$ ) определяют по температуре ее гомогенизации ( $T_h$ ) [1,2]. В случае гомогенизации  $\text{CO}_2$  в жидкую фазу ( $T_{hL}$ ) температура этого фазового перехода фиксируется достаточно уверенно. Гомогенизацию углекислоты в газовую фазу ( $T_{hG}$ ) можно наблюдать только при  $T_{hG} \geq +10^\circ\text{C}$  [2]. Поэтому нами рассмотрен новый способ определения плотности углекислоты при  $T_{hG} < 10^\circ\text{C}$  ( $d_{\text{CO}_2} < 0,134 \text{ г/см}^3$ ) по температуре плавления газидрата  $\text{CO}_2$ .

Определение концентрации раствора во включениях состава  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$  производится по уравнению, предложенному Bozzo [4] по температуре плавления газидрата ( $T_{c1}$ ). Его применение возможно только в случае, когда  $T_{c1}$  наблюдалась в присутствии четырех фаз [4,5]: жидкой и газообразной углекислоты, водного раствора и газидрата, т.е. при  $T_h > T_{c1}$ . Таким образом, для интервала температур  $T_h < T_{c1}$  определение концентрации по уравнению Bozzo [4] невозможно. Нами предложен новый метод расчета концентрации раствора во включениях состава  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$  при  $T_h < T_{c1}$ .

Составлена система уравнений при численном решении которой находится концентрация раствора и (в случае G-типа гомогенизации) плотность углекислоты. В качестве исходных используются данные криометрии:  $C = f(T_{hL}, T_1, T_{hL}, T_{c1}, FG)$  при L-типе гомогенизации и  $C = f(T_1, T_{c1}, T_{c1}, FG)$  при G-типе ( $T_1$  - темпе-

ратура плавления льда,  $T_{HL}$  - гомогенизация  $CO_2$  в жидкую фазу в присутствии газгидрата,  $T_{cl}$  - температура начала плавления газгидрата).

Основным источником погрешностей при расчете концентрации раствора является ошибка при визуальном определении наполнения включения FG. Эта ошибка составляет около 10%. На точность расчета плотности углекислоты (при G-типе гомогенизации) влияет также точность определения  $T_{cl}$ . По нашей оценке, точность в определении  $T_{cl}$  в плоских включениях размером 20 мкм не должна быть хуже  $\pm 2,0^\circ C$ . В мелких включениях, где не удается зафиксировать начало плавления газгидрата, можно принять  $T_{cl} = T_i$ .

Проведена оценка возможности применения данных методов для флюидных включений состава  $H_2O-CO_2-CH_4-NaCl$ . Показано, что в случае гомогенизации углекислотной части включения в жидкую фазу, содержание  $CH_4 \leq 20 \text{ mol} \%$  не приводит к возникновению конечной ошибки в определении концентрации раствора большей, чем от ошибки измерения FG во включении. Для G-типа гомогенизации допустимо  $CH_4 \leq 10 \text{ mol} \%$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. ANGUS S, et all. International Thermodynamic Tables of Fluid State Carbon Dioxide. Pergamon Press., 1976.
2. ВУКАЛОВИЧ М.П., АЛТУШИН В.В. Теплофизические свойства двуокиси углерода. - М., Атомиздат, 1965. - С.455.
3. KERKHOFF VAN DEN A.M. The system  $CO_2-CH_4-N_2$  in fluid inclusions: theoretical modelling and geological applications. Ph D. dissertation, Amsterdam, 1988, P.206.
4. BOZZO A.T., CHEN H-S.//Desalinate, 1975. Vol.16, 303-320.
5. COLLINS P.L.//Econom. Geol. \*\*1979, Vol.74, N 6, P.1435-1444.

С.В.Икорский

(Геологический институт КИЦ РАН,  
г.Апатиты)

#### МЕТОДИКА ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЗОТА В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Достоверность аналитических данных, получаемых с помощью хроматографов и вакуумных или других мельниц, вызывает большие сомнения. Это связано с тем, что процесс измельчения пробы занимает определенное время, за которое в результате диффузии в изолирован-

ный объем мельницы может натекать то или иное количество воздуха. Заражение воздушным азотом возможно также в процессе откачки газа из мельницы и переводе его в хроматограф. Очевидно, что попадание воздуха может быть исключено, если производить быстрое разрушение образца непосредственно в токе газа-носителя, поступающего на рабочую колонку хроматографа. Эндрюс и Гибсон (1979) эту задачу решили с помощью гидравлического пресса, встроившего в линию газа-носителя хроматографа. В предлагаемой методике принцип выделения газов из образца в токе газа-носителя реализуется так. Проба помещается в стеклянную ампулу малого объема (диаметр 8-10 мм, длина 30-40 мм), воздух из ампулы откачивается, ампула запаивается, после чего образец в ампуле измельчается. Измельчение пробы происходит за счет вибрации ампулы. Затем ампула помещается в специальный ампуловскрывать, который подключается к хроматографу на место для петли-дозы. При соответствующем положении крана дозатора ампуловскрывать промывается из отдельного баллона гелием. После промывки поворотом крана дозатора в ампуловскрывать направляется газ-носитель (гелий). После стабилизации нулевой линии на регистраторе ампула с обоих концов вскрывается, и находящиеся в ней газы током газа-носителя наносятся на хроматографическую колонку. Эта методика была опробована на примере исследования азота в составе флюидных включений в минералах и породах Хибинского массива с использованием хроматографа ЦВЕТ-104 и детектора по теплопроводности. Система измельчения образцов в запаянных вакуумированных стеклянных ампулах может быть использована также как более рациональная при изучении химического и изотопного состава газов флюидных включений, проводимом с помощью масс-спектрометров, вместо обычно применяемых для этих целей ручных и электромагнитных ступок.

О.Ф.Миронова, В.Б.Наумов, А.Н.Салезкин  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва)

#### АЗОТ В МИНЕРАЛОБРАЗУЮЩИХ ФЛЮИДАХ, ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ

Многочисленными исследованиями расплавленных и флюидных включений, кроме главных летучих компонентов, -  $H_2O$  и  $CO_2$  - нередко фиксируются заметные количества азота. Проведенное обобщение опубликованных данных по азотсодержащим включениям более 110 при-

родных объектов различных регионов мира позволяет сделать вывод о широком участии азота и его соединений в магматических, метаморфических и гидротермальных процессах.

Предложено газохроматографическое определение азота с термическим вскрытием флюидных включений. Азот определяется наряду с метаном, углекислотой и водой на колонке с полимерным сорбентом при положительной температуре, в которую низкокипящие газы поступают предварительно разделенными на форколонке. Рекомендованы режим очистки газа-носителя, оптимальные условия разделения и определения компонентов.

Полученные результаты согласуются с приведенными в обзоре и показывают, что во флюидных включениях количество азота может колебаться, по крайней мере, в пределах двух порядков при минимальных содержаниях на уровне "холодого" опыта. Мольное отношение  $CO_2/N_2$  может быть меньше 1, т.е. азот в этих случаях является главным летучим компонентом природных флюидов.

Комбинация описанного метода с предложенными ранее позволяет охватить все формы азота ( $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $N_2$ ,  $NH_4^+$ ) в газовой и жидкой фазах, что можно использовать для оценки окислительно-восстановительного потенциала и роли азота в процессах минералогии и рудообразования.

Ю.М.Ишков, С.В.Канакин  
(БИ СО РАН, г.Улан-Удэ),  
В.Б.Барышев, К.В.Золотарев  
(ИЯФ СО РАН, г.Новосибирск)

#### АНАЛИЗ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ МЕТОДОМ РФА-СИ

Начиная со второй половины восьмидесятых годов для анализа индивидуальных флюидных включений (ФВ) стали применяться новейшие ядерно-физические методы на базе ускорителей элементарных частиц [1,2,3]. Эти методы обладают рядом ощутимых преимуществ по сравнению с ранее известными: они неdestructивны, локальны, имеют более низкие пределы обнаружения. Кроме того, с их помощью возможно определять в ФВ элементы, которые недоступны для существующих методик [4]. Это в первую очередь относится к газам ( $Cl, F$ ).

Наши эксперименты проводились на установке элементного анализа накопителя ВЭП-3. Используя как источник возбуждения синхронное излучение (СИ), возникающее при движении высокоэнергичных

заряженных частиц в магнитном поле, методом рентгенофлуоресцентного анализа, мы изучали состав природных и искусственных ФВ. В результате проведенных работ в природных флюидных включениях из образцов Марикиканского рудопроявления были обнаружены  $Fe, Mn, Cu, Ti$ , в ФВ Джидинского рудного поля —  $Fe, Ca, Cu$ . С использованием в качестве образцов сравнения искусственных включений растворов солей  $Fe$  и  $Mn$  с известной концентрацией, было определено содержание их в природных ФВ Марикиканского массива —  $С_{Fe} = 98 \text{ г/л}, С_{Mn} = 141 \text{ г/л}$ . Концентрация марганца рассчитана также по методу внутреннего стандарта. Полученные данные сопоставимы с данными лазерно-спектрального микроанализа гомологичных ФВ, полученными ранее [4].

Суля по результатам, метод РФА-СИ перспективен для анализа индивидуальных флюидных включений, однако имеется ряд существенных трудностей, возникающих из-за сложности аппаратного обеспечения методики (фокусирующей оптики, регистрирующих установок и т.д.). Так, например, этим методом (так же как и протонным микрозондом  $I, E$ ), на данный момент невозможно определять элементы с высоким потенциалом возбуждения характеристического излучения ( $W, Mo, Ta$ ), хотя принципиально это достижимо.

#### Л и т е р а т у р а

1. HORN E.E., TRAXEL K. Investigations of individual fluid inclusions with the Heidelberg proton microprobe nondestructive analytical method//Chem.Geol., 1987, Vol.61, N 1-4, P.29-35.
2. FRANTZ J.D., MAO H.K., ZHANG Y.G. et al. Analysis of fluid inclusions by X-Ray fluorescence using synchrotron radiation//Chem. Geol., Vol.69, N 1, P.235-245.
3. ANDERSON A.J., CLARK A.H., MA X.-P. et al. Proton-Induced X-Ray and Gamma-Ray Emission Analysis of unopened fluid inclusions// Econ.Geol., 1989, Vol.84, N 4, P.924-939.
4. ИШКОВ Ю.М., РЕЙФ Ф.Г. Лазерно-спектральный анализ включений рудоносных флюидов в минералах. — Новосибирск: Наука, 1990. — 90 с.

В.Е.Сопкошкин, А.Д.Хотеев, Е.В.Корнетова  
(ИЛСАН, ИГЕМ, г.Москва)

#### ДЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ ПРИ $\alpha$ - $\beta$ ПРЕВРАЩЕНИЯХ

Декристаллизация кварца при  $\alpha$ - $\beta$  превращениях исследовалась с помощью термокамеры, лабораторной установки газодинамического анализа (ДУГДА), дериватографа (Q-1000, MOM, Венгрия). Были

изучены образцы природного и синтетического кварца, содержащие водно-солевые включения (1-8% вес. NaCl экв.) размером 5-25 мкм, плотностью 0,75-0,85 г/см<sup>3</sup>. В ряде экспериментов при плавном нагреве кварца со скоростью 5-20 град/мин осуществлялось шоковое охлаждение от 500 и 600 до 20°C путем помещения разогретого образца на холодную массивную плиту из меди.

Установлено, что отдельные включения равновесной формы размером до 10 мкм сохраняются без изменения при постепенном нагреве и охлаждении около точки  $\alpha$ - $\beta$  превращения, при этом выдерживают избыточные давления до 2,5-3 кбар. Однако резкие изменения температур приводят к растрескиванию и потери плотности таких включений. Включения размером до 25 мкм неравновесной формы растрескиваются до температуры перехода, выдерживая избыточные давления 0,7-1 кбар. Вокруг включений претерпевших  $\alpha$ - $\beta$  превращение при травлении исходных монокристаллических областей были обнаружены дофинейские двойники инверсии. Около взорванных включений морфология двойников подчиняется рисунку трещиноватости. В образцах, подвергшихся шоковому охлаждению от 500°C, были обнаружены механически двойники по дофинейскому закону. При разном охлаждении образцов от 600°C было выявлено наложение механических двойников на рисунок двойникования при  $\alpha$ - $\beta$  превращении.

А.В.Труфанов  
(ГГУ, г.Ростов-на-Дону)

#### МЕХАНИЗМ ГЕНЕРАЦИИ ФЛЮИДОВ ПРИ ПОЛИМОРФНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ МИНЕРАЛОВ ПО ДАННЫМ ВАКУУМНОЙ ДЕКРИПТОМЕТРИИ

Обизвестно, что практически все фазовые переходы в минералах сопровождаются более или менее интенсивными газовыделениями, однако механизм этого явления изучен слабо. Существует гипотеза о выделении газов при  $\alpha$ - $\beta$  переходе кварца за счет декрепитации микроскопических флюидных включений (Ермаков, Долгов, 1979), но она не объясняет интенсивного газовыделения из образцов оптически чистого кварца, который не содержит таких включений. Нами разработана оригинальная методика исследования систем "минерал-флюид" с применением новых приборов - вакуумных декриптографов, типа "ВД-5" и "ВД-5", основанная на высокоточном многоэтапном анализе эффектов газовыделения при фазовых перестройках кристаллической решетки тонкой фракции (менее 0,1 мм) рудных и нерудных минералов.

В соответствии с этой методикой образцы искусственного кварца подвергались многократному прогреву в вакууме одной и той же пробы, с постепенным увеличением ее дисперсности. При этом установлено, что по мере измельчения пробы интенсивность эффектов газовыделения увеличивается в области  $\alpha$ - $\beta$  - перехода кварца, в течение 10 циклов прогрева. Кроме того, образцы того же кварца подвергались многочасовому прогреву в вакууме при колебаниях температур вблизи фазового перехода (650-600°C), что также сопровождалось интенсивным газовыделением.

Хроматографический анализ летучих компонентов из образцов свежего (не перетертого) и многократно прогретого кварца указывает на изменения их количественного и качественного состава, проявляющиеся в генерации водорода, кислорода, азота и разном увеличении H<sub>2</sub>O, этилена и метана.

При многократных прогревах одной и той же пробы наблюдалось потемнение кварцевого порошка и образование на стенках капсулы декриптографа характерного серебристо-серого налета. Данные спектрального анализа подтвердили идентичность химического состава налета некоторым элементам-примесям, содержащимся в прогретом кварце (Fe, Al, Mn и др.). Однако сопоставление спектрограмм исходного и многократно прогретого кварца выявило увеличение в последнем как процентного содержания отмеченных примесей, так и появление новых элементов - в частности, висмута (до 3%), калия (до 2%) и сарн (сл.), которые ранее в нем не определялись на пределе чувствительности спектрального анализа. Эти же элементы содержатся в разгонах в капсуле.

Таким образом, установлены эффекты аномального выделения летучих компонентов при  $\alpha$ - $\beta$  превращениях кварца в вакууме, сопровождающиеся весьма высоким концентрированием в нем элементов-примесей. Природа этого явления явлена, хотя может быть высказана гипотеза о спонтанном распаде кристаллической решетки кварца при многократных  $\alpha$ - $\beta$  трансформациях в вакууме с генерацией летучих за счет разрыва атомно-молекулярных связей (Si - O, Si - OH и др.). Такое явление может сопровождаться быстротечными плазмохимическими процессами, обуславливающими избыточное накопление элементов-примесей, что открывает новые возможности в разработке эффективных технологий извлечения металлов из бедных и разубоженных руд.

ИСТОЧНИКИ ОШИБОК ПРИ ДЕСТРУКТИВНОМ ГАЗОВОМ АНАЛИЗЕ  
ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Рассмотрены ошибки, возникающие на стадиях, предшествующих анализу жидких включений и даны рекомендации, соблюдение которых способствует минимальному нарушению исходного состава флюида.

1. Размер фракции при термической деструкции должен превышать размер включений по крайней мере в 10 раз, чтобы снизить вклад термодесорбции с поверхности фракции. При механическом методе исходный размер фракции определяется только размером включений.

2. Очистка образца путем химической обработки может иметь свои негативные последствия, выражающиеся в реакции очистителя с поверхностью образца с последующим выделением газообразных продуктов. Например, при очистке поверхности кварца азотной кислотой образуются поверхностные нитраты типа  $Si-O-NO$ , которые при нагревании вплоть до  $800^{\circ}C$  выделяют  $O_2$  и  $N_2$ . Применяемые для очистки органические жидкости сорбируются поверхностью кварца, при нагревании которого идет их диссоциация в интервале температур  $200-1050^{\circ}C$  с выделением главным образом  $CO$  и  $H_2$ . Поэтому нельзя рекомендовать универсальные приемы очистки. Они должны быть индивидуальны, чтобы не искажать определяемые в данном случае компоненты.

3. Величина навески определяется флюидонасыщенностью образца и характеристикой аналитической системы. Для механической деструкции пригодны только образцы, богатые жидкими компонентами, чтобы газы, сорбированные свежесформированной поверхностью, составляли малую часть от их общего количества. В этом случае величина навески не имеет большого значения. При термической деструкции следует избегать использования малых навесок, чтобы полезный сигнал преобладал над гашением системы.

4. Ошибки при вскрытии включений обусловлены в основном вторичными реакциями. Они могут сильно исказить результаты по микрокомпонентам ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $CO$ ,  $UV$  и др.), поэтому более корректно анализировать их неструктивными методами. Ошибки в определении макрокомпонентов -  $H_2O$  и  $CO_2$  - вызваны, главным образом, процессами сорбции, которые занижают результаты при механическом

вскрытии включений и ограничивают их значениями (мас. %):  $H_2O \leq 1 \cdot 10^{-2}$  и  $CO_2 \leq 2 \cdot 10^{-3}$ . При более низких значениях применим только термический метод, для которого тоже существуют предельные значения:  $H_2O = 1 \cdot 10^{-3}$  и  $CO_2 = 2,6 \cdot 10^{-4}$  мас. %. Ниже этих значений содержания указанных компонентов будут обусловлены десорбцией с образца и гашением системы.

Н.Ю.Осоргин  
(ОИГТИМ СО РАН, г.Новосибирск)

О "ВЫГОРАНИИ" КИСЛОРОДА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ  
ДЕГАЗАЦИИ МИНЕРАЛОВ

В настоящее время при анализах летучих из минералов и горных пород наибольшее распространение получил термический метод дегазации образцов. В некоторых случаях он просто незаменим (анализ растворенных, конституционных газов и т.д.). Однако и термический метод имеет ряд недостатков. Один из них связан с возможностью протекания в дегазатора реакций с образованием восстановленных газов ( $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ), что затрудняет интерпретацию получаемых результатов. Данная ситуация усугубляется в связи с замеченным эффектом "выгорания" кислорода.

Для количественной оценки этого явления в кварцевый реактор дегазатора, а именно кварцевое стекло используется повсеместно для его изготовления, вводилась смесь  $He-O_2-N_2$ . После 10-ти минутной выдержки реактора в печи проводился анализ. "Выгорание" кислорода отмечается при  $T \geq 700^{\circ}C$ , составляя при 900 и  $1000^{\circ}C$  значительную величину (таблица). Для сравнения укажем, что из 0,3-граммовой навески эталонного "кварца-4" выделяется  $\sim 6$  мм<sup>3</sup>  $CO_2$ .

| Температура опытов, $^{\circ}C$              | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|--|-----|-----|-----|-----|------|
| Исходный объем кислорода, мм <sup>3</sup>    | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,9  |
| Объем кислорода после опыта, мм <sup>3</sup> | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 1,8 | 1,0  |

Потеря кислорода не наблюдается при подаче смеси  $O_2-N_2$  в хроматограф со скоростью 60 см<sup>3</sup>/мин через разогретый реактор ( $1000^{\circ}C$ ).

А.А.Томиланко, В.В.Крилова, Н.Ю.Осоргин,  
Е.Н.Федорова

(ИИИП, г.Новосибирск),

Т.И.Курдина (ИИИ, г.Новосибирск)

#### К ПРОБЛЕМЕ ИСТОЧНИКОВ ЛЕТУЧИХ В МИНЕРАЛАХ (на примере плавленого периклаза)

При помощи декрепитационного и газохроматографического анализов были получены кинетические кривые газовыделения из плавленого периклаза, и установлен состав выделившихся газов. Общее газовыделение в вакууме в интервале температур до 1000°C характеризуется тремя пиками с температурными максимумами при 200, 400, 650°C, и этот полимодальный характер кривых газовыделения воспроизводится одинаковым образом при повторных отжигах одной и той же навески образца. Хроматографический анализ показал, что основными летучими компонентами, которые выделяются из периклаза при нагревании до 1000-1200°C, являются CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, в меньших количествах H<sub>2</sub>, а также углеводороды от C<sub>1</sub> до C<sub>5</sub> и неидентифицированные более тяжелые углеводороды. Доминируют углекислота и вода.

На основании результатов ОЖЕ-, ИК-, КР-спектроскопии, а также рентгенофазового и волнометрического анализов были установлены следующие источники газов, выделившихся из периклаза: газовые включения и газовая фаза расплавных включений; карбиды Ca, Fe и др. в расплавных включениях; графит на поверхности кристаллов и в расплавных включениях; поверхностные продольные и неглубокие углероды и продукты их окисления; поверхностные карбонатные соединения; брусит; V(OH)<sub>2</sub> - центры (две группы OH, связанные с катионной вакансией) и растворенный в решетке периклаза элементарный углерод.

По-видимому, вклад газовых включений и газовой фазы расплавных включений в газовыделение невелик, так как температур, при которых наблюдается газовыделение, а также определенное во включениях давление (< 1 атм), явно недостаточны, чтобы в процессе нагревания происходило эффективное вскрытие включений. В то же время можно ожидать, что графит и карбиды расплавных включений, вскрытых при дроблении периклаза, могут играть заметную роль в газовыделении.

Данные ОЖЕ- и ИК-спектроскопии указывают на высокую насыщенность углеводородами и продуктами их окисления новообразованной

поверхности периклаза даже в условиях вакуума, что свидетельствует о высокой скорости сорбции углеводородов на поверхности периклаза.

На основании полученных данных можно предположить следующие механизмы образования и выделения летучих из периклаза. В интервале температур до 500°C в основном протекают: десорбция углеводородов, продуктов их окисления и диссоциация Mg(OH)<sub>2</sub> и Co(OH)<sub>2</sub>, а также начинается окисление графита. Это приводит к появлению CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO и H<sub>2</sub>. Другим источником молекулярного H<sub>2</sub> могут быть V(OH)<sub>2</sub> - центры. В высокотемпературной области (до 1000°C) летучие компоненты могут образовываться в результате диссоциации карбонатов, окисления графита и карбидов, десорбции синтезированных углеводородов. Окислителем в низкотемпературной области является хемосорбированный кислород и одно-двузарядные ионы кислорода решетки периклаза, а высокотемпературной области окисления может усиливаться за счет образующегося на поверхности атомарного кислорода (Hederson, 1968; Kathrein, Freund, 1984). Вклад в газовыделение элементарного углерода, растворенного в решетке периклаза, согласно нашим данным невелик.

И.Л.Комов

(ИГМН г.Киев)

#### КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ КВАРЦА

Изучение физико-химических условий образования кварца целесообразно осуществлять на основе комплексного применения термобарогеохимических (с анализом включений минералобразующих сред) и физических методов. Последние включают гамма-облучение, методы ЭПР и ИК-спектроскопии, характеризующиеся высокой чувствительностью и информативностью. Они позволяют совершенствовать и корректировать данные исследований газовой-жидких включений и методы декрепитации и тем самым более объективно судить о типоморфных признаках кварца. Преимуществом этих методов является то, что достаточно однородные зоны в кварце могут не содержать газовой-жидких включений, что ограничивает применение метода гомогенизации.

Декрепитационные методы оказываются эффективными при изучении мелкозернистых кварцев с плохой прозрачностью. Применение ионизирующего облучения при изучении кварца позволяет: 1. Производить

диагностику минералов-узников во включениях; 2. Оценивать относительную температуру минералообразования (по плотности радиационной окраски); 3. Устанавливать положение газовой-жидких включений в определенных зонах роста (дымчатых, цитриновых или участках растворения и регенерации кристаллов).

На основе применения методов ЭПР и ИКС можно определять температуру образования кристаллов: 1. По аномальному плеохроизму в дымчатых кристаллах кварца (верхняя граница  $400^{\circ}\text{C}$ ); 2. По соотношению парамагнитных центров в эталонных пробах, увеличению концентрации структурной примеси алюминия в более высокотемпературном кварце; 3. По уменьшению интенсивности полос ИК-поглощения в области  $2900\text{--}3900\text{ см}^{-1}$  в более высокотемпературных индивидах.

Об изменении кислотности-щелочности растворов и флуктуации давления при образовании кварца можно судить: 1. По наличию зон растворения-регенерации и резкой смене радиационной окраски от дымчатой к цитриновой. 2. По увеличению отношения  $\text{OH}(\text{A1-I1})$  и  $\text{OH}(\text{A1})$  полос в кварце, сформированном в менее щелочных условиях.

Таким образом, реставрация термодинамических условий минералообразования более объективно осуществляется при комплексировании физических и термобарогеохимических методов.

А.Е.Болтенко, И.А.Богусь  
(НИИ, г.Новочеркасск)

#### МЕТОДИКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕТИЧЕСКИХ РАЗНОСТЕЙ СУЛЬФИДОВ ЖЕЛЕЗА

На основании сравнительного анализа результатов термобарических исследований сульфидов железа различного генетического типа предлагается методика обработки и интерпретации вакуумных декриптограмм. В качестве регистратора декриптоактивности на вакуумном декриптографе типа ВД-4 применен тепловой термометр (ПМТ-4м или ЛТ-2) преобразователь. Используется логический посыл о том, что при начале активного газоразделения, т.е. повышении давления в системе, теплопроводность газа увеличится, температура стабилизированного нагревателя термометра уменьшится и э.д.с. термометра (т.е. значение давления). Неоднозначность в интерпретации значений давления газов выделяющихся при прокаливании различных минералов и горных пород заключается в том,

что сам вакуумметр проградуирован по сухому воздуху, теплопроводность переменных по составу газовых смесей, получаемых в течение опыта, неопределена и, как следствие, перенос в геологическую интерпретацию понятий истинных давлений газов требует дополнительной коррекции. Термовакuumная декриптоактивность не всегда отвечает собственно взрыву включений в минерале, но и описывает такие процессы как дегидратацию, десульфуризацию, диссоциацию как минерала-препарата, так и новообразований, получаемых в процессе опыта. Сравнение материалов по термовакuumной декриптации с результатами дериватографии, термозонковой, декриптации, термоминесценции, термоманнитным анализом позволяют интерпретировать декриптоактивность, фиксируемую на приборе ВД-4 как комплексный энергетический сигнал, состоящий из суммы собственно газоразделения (не зависимо от причин), суммарной энергии экзотермических и эндотермических процессов, происходящих в реакторе, волновой энергии (звуковая частота, радиочастота, рентгеновское излучение), излучаемой минералом в момент разрывов молекул,лярных связей как на микро, так и на макроуровне и т.д.

Традиционный подход к вакуумной декриптограмме как к производной собственно взрывов включений (за исключением процесса разложения минерала как итога нагревания пробы), дифференцирование и трансформация аккумуляты кривой вакуумной декриптограммы в гистограмму приращения газоразделения и вовлечения в расчет сложных термодинамических, геологических построений значений, полученных только по "восходящим" частям декриптограмм, приводит к утере информации и искаженным представлениям о динамике геологических процессов. Предлагаемые методические разработки позволяют обрабатывать "нисходящие" ветви кривой декриптоактивности без отрыва из общего контекста полимодального, непрерывно-прерывистого процесса выделения аномальных термобарических параметров.

Статистическая обработка накопленного банка термобарических данных позволила установить эталонные спектры вакуумных декриптограмм для основных генетических различающихся типов пиритов и их агрегатов. Установлена высокая корреляция термобарических данных с микротвердостью, термо-э.д.с., кристалломорфологией, текстульно-структурными особенностями пирита и его агрегатов. Для ряда рудных месторождений отработана методика моделирования эпигенетических процессов, определена вертикальная зональность и

ве тип, определенная геохимическая специализация, выделенных по термобарическим данным на таких объектах, типов рудных образований.

К.И. Лохов (ИГГД), А.В. Козлов (СПГИ),  
Л.К. Левский (ИГГД, г. Санкт-Петербург)

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА СОСТАВА ФЛИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ОБРАЗЦА

Объектом исследования при отработке методики анализа состава флидных включений был выбран кварц в виде прозрачных кристаллов и в различной степени замутненный жильный кварц как материал достаточно инертный в диапазоне температур активации образца. Состав выделяющихся летучих ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_6$  -  $C_4H_{10}$ ,  $H_2$ ,  $CO$ ,  $N_2$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ ) при линейном подъеме температуры образца до  $1250^\circ$  непрерывно анализировался управляемым от ЭВМ масс-спектрометром.

При анализе кварца в виде монолитных препаратов массой до 300 мг основное газоотделение происходит до  $650^\circ$ , причем в этом интервале отделяется основная часть воды. При анализе тех же препаратов в виде крупки (0,25-0,15 мм) газоотделение до и после  $650^\circ$  примерно одинаково, что связано со вскрытием большинства крупных включений в процессе дробления и более существенных потерь сорбированных на поверхности зерен газов. В монолитных препаратах с крупными (более 0,05 мм) включениями начало основного газоотделения близко температурам гомогенизации флидных включений, а пик максимального газоотделения хорошо согласуется с максимумами растрескивания включений, выявленными методом звуковой декрепитации. Пик газоотделения, соответствующий температуре полиморфного превращения кварца с небольшим смещением в низкотемпературную область, хорошо сбивается с соответствующим пиком на звуковой декрепитограмме. Повторная активация образцов показала практическое отсутствие газоотделения в пределах чувствительности анализа.

Сопоставление результатов анализа кварца с использованием термической и механической (дробление в вакууме) активации показало хорошую сходимость результатов валового анализа включений. Однако в кристаллах кварца, которые образовались из гетерогенных растворов, часто содержатся синхронные существенно газовые и существенно водные включения. Газовые включения обычно более круп-

ные и их преимущественное вскрытие при механической активации искажает общий результат газового анализа. Термическая активация позволяет получить в этом случае дифференцированный газовый анализ по группам включений, вскрывающихся при различных температурах.

Сопоставление интервалов выделения отдельных газов с температурами гомогенизации и декрепитации включений свидетельствует о хорошей корреляции этих параметров для воды, азота, углекислого газа и метана и об ее отсутствии для тяжелых углеводородов, которые вне зависимости от характера газоотделения конкретного образца выделяются в интервале  $380-480^\circ$  с максимумом при  $410^\circ$ . Это, а также уменьшение количества тяжелых углеводородов после обработки препаратов азотной кислотой, свидетельствует о преимущественно адсорбированной на поверхности кварца форме их нахождения.

Сравнение результатов газового анализа предварительно не прогретых и прогретых до температуры  $360^\circ$  ( $T_{гом} - 325^\circ$ ) образцов свидетельствует о резком уменьшении газоотделения у повторно прогретых образцов в интервале предварительного прогрева. При резком спаде газоотделения  $H_2O$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  отмечается заметное выделение  $CO_2$ . Это явление связано с избирательной сорбцией  $CO_2$  на стенках образующихся в процессе вскрытия включений трещин. Отмечается также раздвоение пика  $CO_2$  в области полиморфного перехода кварца с обособлением более низкотемпературной составляющей.

Я.Т. Каняна (ДПИ, г. Донецк)

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГОЛЬНОГО ПАЛЕОТЕМПЕРАМЕТРА В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ

В ряде работ приведены результаты определения методом гомогенизации газожиidких включений палеотемпературного режима слабоизмененных осадочных толщ. При этом в некоторых случаях получены палеотемпературы, составляющие  $200-300^\circ$ .

В районах, где получены также палеотемпературы (Западно-Сибирская плита, Юго-восток и восток Восточно-Европейской платформы, Куйбышевской Поволжье, Башкирия, Припятский прогиб) в осадочных породах имеется рассеянное органическое вещество (РОВ), которое можно использовать для оценки максимальной палеотемпературы.

Исследование регионального метаморфизма углей позволило установить палеотемпературы, необходимые для образования отдельных стадий метаморфизма. Палеотемпературы эти составляют (буквы обозначают стадию метаморфизма): Б - 50°, Д - 50-80, Г - 80-110, Ж - 110-120, К, СС - 120-140, Т - 140-150, А - 150-270°. Ископаемые угли (или ГОВ) могут быть использованы в качестве палеотермометра для определения максимальной температуры, действовавшей на данные породы в ходе геологической истории.

Температуры метаморфизма углей сравнивались с температурами гомогенизации газообразных включений во вмещающих породах из соответствующих интервалов разреза. В результате оказалось, что температуры гомогенизации, полученные по карбонатам с высококонцентрированными растворами, в некоторых случаях по кварцу, а также по галиту, в 1,5-3 раза превышают температуры по угольному палеотермометру.

Возможные причины расхождений между температурами гомогенизации в названных выше минералах и температурами метаморфизма углей следующие: в доломите и кальците с рассолами во включениях после консервации рассола могли частично растворить стенки микроскала-хозлина, в результате чего концентрация рассола повысилась. Установлено также, что вола в кварцевых капиллярах растворяет стенки капилляров, а также то, что при взаимодействии кварца с водой в вакууми сильная кремнекислородная связь заменяется слабой кремнегидроксиольной связью. В отношении галитов Э. Редлер видит причины заниженных температур в утечке компонентов, перешнуровке включений, метастабильном состоянии жидкости при нагревании.

В.А.Симонов  
(ОИГТИМ СО РАН, г.Новосибирск)

#### ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖИДКИХ КОМПОНЕНТОВ В МИНЕРАЛАХ МАНТИЙНЫХ КСЕНОЛИТОВ И В МАГМАТИЧЕСКИХ СТЕКЛАХ

Важную информацию о флюидных режимах эндогенных мантийных процессов содержит в себе ультраосновные ксенолиты и магматические стекла. Изучение составов находившихся в них летучих компонентов с помощью газовой хроматографии имеет свои особенности.

Мантийные ксенолиты. Предварительные исследования мономинеральных фракций, отобранных под микроскопом, с помощью рентгено-

структурного анализа и инфракрасной спектроскопии доказывают отсутствие примесных минеральных фаз, содержащих летучие (брусит, серпентин, карбонаты и т.п.). Далее все пробы проходят термическую чистку при 400°C в инертной атмосфере, что позволяет избавиться от неустойчивых фаз (углеводороды и т.п.) и от наложенного низкотемпературного метаморфического флюида. В дальнейших построениях используются только высокотемпературные (выделившиеся при 1000°C) газы, наиболее близко отражающие реальные составы эндогенных мантийных флюидов.

Магматические стекла. Специальные опыты с плавлением и длительными выдержками (при 1150°C, до 3 ч) позволили установить, что при нагреве проб в ходе хроматографического анализа (до 900°C) из стекла полностью выделяются CO, CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>, в часть H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> отделяется. Экспериментально были определены коэффициенты пересчета количеств H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub>, зависящие от состава стекла: ультраосновных лав - K<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 1,1; K<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 1,1. Стекла основных лав - K<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = +0,1%, K<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 1,5 (при H<sub>2</sub>O 900° меньше 0,1%); K<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 1,25, K<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 1,5 (при H<sub>2</sub>O 900° больше 0,1%, но меньше 1%); K<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 1,15, K<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 1,3 (при H<sub>2</sub>O 900° больше 1%). Стекла бонинитов - K<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 1,35, K<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 1,5. Полученные результаты принимались за минимальные оценки воды и CO<sub>2</sub> в магматических стеклах.

А.Х.Зильберштейн  
(ВСЕГЕИ, г.Санкт-Петербург)

#### НОВЫЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ И ПОРОД

Предложен новый метод оценки термодинамических параметров образования минералов и пород.

Метод основан на изучении оптических аномалий, наблюдаемых вблизи границ различных однородных монокристаллических областей, составляющих минерал или минеральный агрегат (породу, руду).

Такие аномалии этих областей могут быть проявлением упругооптического эффекта, индуцированного взаимной деформацией областей.

Эта деформация возникает при различии материальных параметров областей (тензоров их термического расширения и податливостей), и вызвана несопадением температуры T<sub>0</sub> и давления P<sub>0</sub> при образо-

вании минерала или породы, с температурой и давлением при их наблюдении (Т, Р).

Измерив при условиях наблюдения (Р = 1 бар, Т = 300 К, например) величину индуцированной этой деформацией оптической аномалии (двупреломления или двуотражения) для двух пар однополных областей, удается однозначно оценить искомые параметры образования  $P_0$  и  $T_0$ .

Получены выражения для такой оценки. Рассмотрены возможности применения данного метода.

А.М. Ерохин  
(ГЕОХИ РАН, г.Москва)

РАСЧЕТ МОЛЬНОГО ОБЪЕМА ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ,  
СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕКИСЛОТУ, МЕТАН И АЗОТ

$CO_2$ ,  $CH_4$  и  $N_2$  - газы, наиболее часто встречающиеся в природных флюидах. Метод Рамановской спектроскопии газовой фазы флюидных включений позволяет судить о ее составе и вместе с термометрическим изучением включений служит основой для получения количественной информации о составе флюида. Для каждого из этих газов в отдельности существуют уравнения зависимости плотности газа от температуры гомогенизации ( $T_h$ ) [1]. Нами предложены простые уравнения зависимости мольного объема (плотности) газовой смеси от ее состава и  $T_h$ . Работа основана на экспериментальных данных [2] по равновесию жидкость-пар в системах  $CO_2-CH_4$  и  $CO_2-N_2$ , где указанные равновесия изучены при  $T = -20^\circ$ ,  $0^\circ$  и  $+15^\circ C$  и охватывают интервалы содержания дополнительного газа:  $CH_4$  - от 4 до 55 мол.% и  $N_2$  - от 0 до 56 мол.%.

Для описания зависимости состава газовой смеси ( $Z_{mol}$ ) от мольного объема ( $V$  см<sup>3</sup>/моль) предложено уравнение следующего вида:

$$Z = Q_1 \cdot \left( \frac{V}{V_L} - 1 \right)^{Q_2} \cdot \left( 1 - \frac{V}{V_G} \right)^{Q_3}, \quad (I)$$

где  $Q_1, Q_2, Q_3$  - коэффициенты, зависящие от температуры гомогенизации;  $V_L$  и  $V_G$  - мольные объемы чистой жидкой и газообразной углекислоты при этой температуре.

Задача определения коэффициентов  $Q_1, Q_2$  и  $Q_3$  для экспери-

ментальных данных [2] решалась методом координатного спуска. Относительная ошибка расчета для системы  $CO_2-CH_4$  4,3-1,8 отн.%, для системы  $CO_2-N_2$  - 4,1±2,5 отн.%. Зависимость коэффициентов  $Q_1, Q_2$  и  $Q_3$  от температуры гомогенизации описывается следующим образом:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^3 A(i) \cdot T_h^{(i-1)} \quad (2)$$

$$Q_2 = B_1 \cdot \exp(B_2 \cdot T_h) \quad (3)$$

$$Q_3 = C_1 \cdot \exp(C_2 \cdot T_h) \quad (4)$$

Значения коэффициентов А, В и С приведены в таблице.

|    | $CO_2-CH_4$ |             |     | $CO_2-N_2$ |             |            |
|----|-------------|-------------|-----|------------|-------------|------------|
|    | 1           | 2           | 3   | 1          | 2           | 3          |
| Q1 | 41,8918     | -0,549739   | 0,0 | 43,9023    | -0,560292   | -1,0023E-3 |
| Q2 | 0,446285    | 1,28173E-2  | -   | 0,464936   | 9,28056E-3  | -          |
| Q3 | 1,33271     | -7,94558E-3 | -   | 1,40932    | -1,15804E-2 | -          |

Таким образом, если известен состав газовой фазы флюидного включения (Раман-спектроскопия) и температура ее гомогенизации, можно рассчитать мольный объем (плотность) газовой фазы. Для этого, подставляя  $T_h$  и коэффициенты из таблицы в уравнения (2-4), находим  $Q_1, Q_2$  и  $Q_3$  для соответствующей газовой смеси. Численное решение уравнения (I) с полученными коэффициентами дает два значения  $V$ : большее из которых соответствует G-типу, а меньшее L-типу гомогенизации газовой фазы флюидного включения.

Применение данного метода возможно при содержании дополнительного газа  $Z \leq 55$  мол.% и при  $T_h \geq -20^\circ C$ . Если в составе газовой фазы присутствуют все три компонента, причем количество углекислоты преобладает, то имеет смысл объединять дополнительные газы, т.е. при  $Z_{CH_4} > Z_{N_2}$  считать  $Z_{CH_4} = Z_{CH_4} + Z_{N_2}$ , а при  $Z_{N_2} > Z_{CH_4}$  считать  $Z_{N_2} = Z_{N_2} + Z_{CH_4}$ .

Л и т е р а т у р а

1. ANGUS S. et all. International Thermodynamic Tables of Fluid State Carbon Dioxide. Pergamon Press., 1976.

2. ARAI Y., KAMINISHI G., SAITO S.//J. of Chemic. Engineer. of Japan, 1971, V. 4, N 2, P.113.

К.И. Шмулович  
(ИЗМ РАН, пос. Черноголовка)

### ФЛОИДНЫЕ ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ИХ КАЛИБРОВКА

В последние годы исследованиями флюидных включений показано, что в природных процессах при различных параметрах реализуется гетерогенное состояние флюида — равновесие жидко- и газоподобной фаз. Теория фазовых равновесий и экспериментальные данные по системам, моделирующим флюид эндогенного минералообразования, предполагают несколько принципиальных схем эволюции составов фаз вдоль поверхности фазовых равновесий в P-T-X-пространстве. Тип расщепления с нижней (по температуре) критической точкой характерен для системы вода-соль. Экспериментально прокалиброваны равновесия этого типа при температурах 400°C и выше для систем  $H_2O-NaCl$  (стандартная система),  $H_2O-KCl$ ,  $H_2O-CaCl_2$ ,  $H_2O-MgCl_2$ . Поверхности фазовых равновесий "L"- "G" в системах с  $NaCl$  и  $KCl$  практически совпадают, при изучении высокотемпературных флюидных равновесий эти компоненты можно рассматривать как один. Критические явления в системе с  $CaCl_2$  наблюдаются при температурах на 90°C ниже (1 кбар). Система с  $MgCl_2$  имеет критические параметры при промежуточных температурах — 590°C (1 кбар). Равновесия в бинарных системах вода-газ исследованы достаточно хорошо (Такенаучи, Кеннеди, школа проф. Франка), использование этих данных лимитируется очень высокой чувствительностью фазовой поверхности и солоносности воды (М. Гериг). Тройные системы типа вода-газ-соль исследованы методом синтетических флюидных включений (см. тезисы Н.В. Плясуновой и К.И. Шмуловича) до 5 кбар и 700°C. Для природного интервала концентраций характерны: 1. Расщепление по типу вода-газ с верхней критической точкой для относительно разбавленных по соли растворах, либо суперпозиция двух типов с интервалом составов, гетерогенны при любых T-P параметрах; 2. Баротропия, резко выраженная в системе  $H_2O-CO_2-CaCl_2$  и очень слабая в системе с  $NaCl$ ; 3. Экстремальный характер барической зависимости растворимости  $CO_2$  в водно-солевой фазе "L", и соответственно максимум растворимости  $H_2O$  в углекислотной фазе "G".

Для калибровки крио- и термокамер предлагаются стандартные

образцы синтетических включений, имитационная камера с системой измерения, а также может быть выполнен синтез включений заданного состава при заданных параметрах.

В.Н. Румянцев (ИД РАН),  
В.В. Руднев, М.Н. Карданов (ВНИИ,  
г. Москва)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ (на примере кварца)

Важнейшими физико-химическими параметрами, требующими строго контроля при проведении гидротермальных экспериментов, являются фазовое состояние системы и давление. Обычно они определяются либо с помощью чрезвычайно сложных и инструментально дорогостоящих прямых измерений, чаще рассчитываются с помощью цинковых PPT-соотношений для водно-солевых (обычно бинарных) систем. Однако эти способы могут быть значительно затруднены из-за наличия в экспериментальной системе градиентов температур, приводящих, как нами установлено, к сложной физико-химической дифференциации электролита в объеме реакционной камеры.

Авторами разработана методика, позволяющая преодолеть эти трудности путем использования данных термобарогеохимических исследований газовой-жидких (ГЖЖ) включений в синтетических кристаллах, выращенных в гидротермальных термоградиентных условиях, необходимых для реализации направленной кристаллизации минерального вещества на затравку. Данные получены при исследовании ГЖЖ в кристаллах кварца, рост которых осуществлялся из растворов различного состава (хлоридного, карбонатного, бикарбонатного и др.) в широком диапазоне температур и давлений.

В процессе проведения исследований совершенно необходимо как методики выполнения ростовых опытов, так и методы выполнения термометрического и криометрического анализа ГЖЖ. На основании обобщения экспериментальных данных составлены сводные PPT-диаграммы состояния водно-солевых систем при положительных и отрицательных температурах. Показано, что состав раствора слабо влияет на PPT-соотношения системы при молярном выражении концентраций. Получены новые данные по типу и характеру дифференциации гидротермального раствора в термоградиентных условиях. Установлено, что

в таких системах проявляется два вида дифференциации, один из которых заключается в закономерном увеличении плотности (снизу вверх), а другой – в изменении концентрации (уменьшается снизу вверх). При стационарном процессе устанавливается равновесие во взаимном влиянии этих типов дифференциации на массоперенос вещества.

В общем виде предлагаемая методика включает в себя следующие операции:

1. Изучение состава и морфометрических характеристик ГЖВ в синтезированных кристаллах при стандартных температурах с целью определения однородности фазового состояния изучаемой системы.
2. Термометрическое и криометрическое исследование включений с целью определения температур фазовых переходов, плотности гомогенного флюида, его концентрации и состава в процессе роста минерала.

3. Интерпретация полученных данных и расчет полных физико-химических параметров гидротермальных экспериментов путем использования составленных обобщенных PFT-диаграмм состояния и таблиц.

Разработанная авторами методика может также использоваться при расшифровке параметров природного гидротермального минералообразования.

А.А.Томиленко, Б.А.Фурсенко  
(ИГиЛ, г.Новосибирск)

#### ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВО ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ ПРИ ВСЕСТОРОННЕМ СЖАТИИ ПОР ДО 50 КБАР

Были изучены фазовые превращения в флюидных включениях в кварце при всестороннем сжатии от 1 атм до 50 кбар в аппарате сверхвысокого давления с алмазными наковальнями для оптических и рентгеновских исследований. Для исследования были отобраны несколько типов флюидных включений с отчетливыми фазовыми границами: газовой-жидкие водно-солевые включения, двухфазовые включения сжатой углекислоты и трехфазовые включения с водно-солевым раствором и с жидкой и газообразной углекислотой. Опыты проводились при комнатной температуре. Приведенные ниже величины давления отвечают давлениям в жидкости, окружающей зерно кварца. Точность определения давления по люминесценции рубина 0,5–1,0%. Наблюдения за изменениями во включениях велись под микроскопом.

Первый опыт – газовой-жидкое, водно-солевое включение. При

давлении около 20 кбар во включении появилась твердая фаза (Т<sub>кр</sub>, лед?). Дальнейшее увеличение давления приводит к гомогенизации газового пузырька и росту твердой фазы, а при давлении более 30 кбар она занимает почти весь объем включения. При уменьшении давления твердая фаза начинает растворяться, и при давлении около 4 кбар во включении происходит гетерогенизация с появлением газового пузырька. Полного растворения твердой фазы обычно не удается наблюдать вплоть до 1 атм (рис.1, 2).



Рис.1. Включения водно-солевых растворов

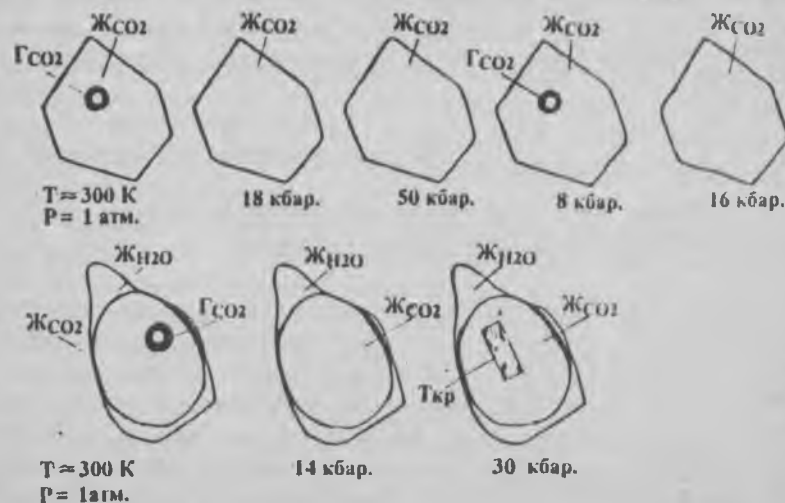


Рис.2. Включения с жидкой углекислотой

Второй опыт – двухфазовое включение жидкой углекислоты (Г<sub>СО2</sub> + Ж<sub>СО2</sub>). Во включении имеется газовый пузырек, гомогенизация которого происходит при нагревании до 31°C. При давлении около

14 кбар газовый пузырь заметно уменьшается в размере и при давлении 18 кбар происходит гомогенизация включения в жидкую фазу. Дальнейшее увеличение давления до 50 кбар не привело к видимым фазовым изменениям во включении. При снижении давления до 8 кбар происходит гетерогенизация включения с появлением газового пузырька. При повторном подъеме давления включение снова гомогенизировалось, но уже при более низком давлении, около 16 кбар.

Третий опыт — трехфазовое включение с двумя жидкими фазами (водно-солевой раствор и углекислота) и газовым пузырьком. При повышении давления до 14 кбар произошло растворение газового пузырька в жидкой углекислоте, а при давлении около 30 кбар в водно-солевом растворе появилась твердая фаза ( $T_{кр}$ , лед?). К сожалению, этот опыт не удалось довести до конца. При повторном подъеме давления и достаточно быстром его сбросе произошло растрескивание образца кизерта.

Таким образом показано, что аппарат с алмазными наковальнями позволяет подойти к изучению одного из наиболее важных, особенно для включений в минералах глубинных пород, вопросов о влиянии внешнего давления на изменения во включениях в различных минералах в течение спада давления от максимальных значений.

Э.А.Котельникова  
(Институт литоферы РАН, г.Москва)

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЛИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ РАЗВИТИИ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ВКЛЮЧЕНИЙ

При использовании флидных включений для изучения параметров образования минералов, пород и руд необходимо знание: а) фазовых диаграмм и P-V-T свойств модельных флидных систем, б) адекватности отражения включениями свойств маточных растворов, в) постзахватных явлений, происходивших с включениями, возможности их обнаружения и интерпретации, г) достоверности применяемых методов анализа включений. Применение синтетических флидных включений (СФВ) открывает новые возможности при решении этих вопросов. СФВ можно получить двумя способами: при выращивании искусственных кристаллов появляются синростовые ФВ, соответствующие первичным природным включениям, при залечивании трещин — вторичные включения.

1. Сопоставление условий синтеза с результатами термо- и криометрии их показало, что при залечивании трещин фазовый и химический составы маточного раствора и его плотность соответствуют закапонируемому раствору. В синростовых включениях происходит небольшое завышение ( $\sim$  на  $0,01 \text{ г/см}^3$ ) плотности раствора, в отличие по химическим составам включений имеют большую дисперсию, чем у вторичных включений.

2. Методом СВЗ были получены данные по фазовым диаграммам  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}-\text{KCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}-\text{CaCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}-\text{CaCl}_2-\text{SrCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{WO}_4$  и некоторых других систем, а также P-V-T характеристики для растворов  $\text{KCl}$  и  $\text{CaCl}_2$  некоторых концентраций.

3. Моделирование постзахватных изменений проводилось в гидротермальных условиях при перегреве и недогреве относительно температуры гомогенизации. Оказалось, что частичная разгерметизация включений с потерей плотности происходит при превышении внутреннего давления над наружным на  $0,3-1,7$  кбар, при превышении внешнего давления над внутренним включение как бы "взрывается" — поталкнется на 1-2 трещинки, как в первом случае, а множество их. При этом часть флюида может сохраниться. Новое внутреннее давление стремится к значениям, равновесным условиям опытов при  $\Delta P$  1 кбар изменение давления при отсутствии следов вскрытия включения соответствует приращению объема на 0-5%, в присутствии следов вскрытия — в среднем на 29% (расчет сделан при допущении отсутствия потери массы).

4. Методики исследования индивидуальных ФВ-термо- и криометрии дают хорошие результаты при изучении плотностей и составов СВЗ. Представляется целесообразным создание серий эталонных образцов с СВЗ известной плотности и состава для калибровки термо- криокамер. Такие эталоны позволят максимально приблизить условия калибровки аппаратуры и рабочих измерений. Большими преимуществами могут обладать и учебные коллекции СВЗ.

Образцы с вскрытыми СВЗ известного состава были проанализированы на микрозонде. Определить количественные соотношения катионов  $\text{K}$ ,  $\text{Na}$  и  $\text{Ca}$  не удалось: требуются специальные методические разработки.

Результаты валового анализа СВЗ (газовая хроматография и водные вытяжки), проведенные в двух разных лабораториях дали несогласующиеся между собой и с условиями синтеза результаты. Представляется полезным использовать СВЗ известного состава при

разработке и проверке методик вскрытия и последующего анализа включений и в качестве межлабораторных стандартов.

В.А. Кормушин  
(Независимый термобарогеохимик,  
г.Алма-Ата)

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФЛИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ

Тепловое воздействие на флюидные включения вызывает количественные, качественные и иные изменения в их фазовом составе. Во включениях эти изменения четко фиксируются при изучении препаратов под микроскопом в нагревательных и охлаждающих устройствах либо как уменьшение (увеличение) объема газового пузырька, или жидкой фазы, либо в виде преобразования какой-либо фазы из одного состояния в другие (жидкости в газ, газа в жидкость, твердое в расплав и т.д.), либо как перемещение некоторых фаз, например, газового пузырька в полости включения и т.д.

Однако известные конструкции нагревательных и охлаждающих устройств совершенно не применимы для работы со шлифами, иммерсионными препаратами, пластинками больших размеров.

Разработанное устройство способно воздействовать теплом различной интенсивности и контрастности на конкретное флюидное включение, наблюдаемое в поле зрения микроскопа, в любых препаратах, с одновременной регистрацией температуры. Выполнено устройство в виде цилиндра диаметром 6-8 и длиной 120-160 мм, с одной стороны которого располагается датчик температуры. Устройство имеет электронагреватель и датчик температуры. Некоторые технические данные: 1 - нагрев плавный от комнатной температуры до свыше 100°C, 2 - датчик температуры - термопара.

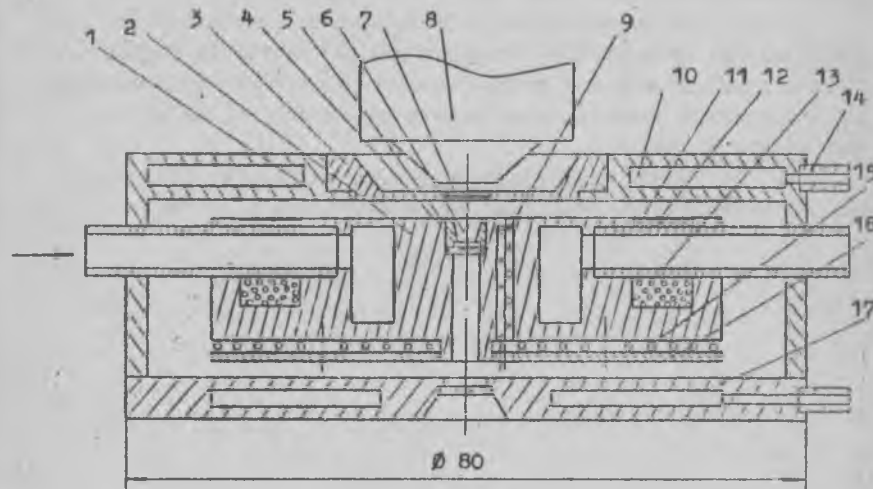
Устройство предназначено для исследования флюидных включений в различных препаратах с одновременным измерением температуры воздействия.

"Госпатент" признал устройство изобретением и зарегистрировал его как "Щуп Кормушина". Автор формирует список заказчиков.

Н.Ю. Осоргин, А.А. Томиленко  
(ОИГТИМ СО РАН, г.Новосибирск)

### КРИОКАМЕРА

Предлагаемая вниманию камера (рисунок) состоит из цилиндрического контейнера, коаксиально установленного в нем медного теплообменника 2 с патрубками 12 для подвода хладагента (жидкий азот), термопреобразователь 9, нагревателя 15. Корпус контейнера 1, крышка 17 выполнены из теплопроводящего материала и имеют



каналы 10 для теплоносителя. В качестве последнего может использоваться вода комнатной температуры. Теплообменник 2 имеет герметичный кольцевой канал для хладагента и полость для сорбента 13. Нагреватель фиксируется шайбой 16. Исследуемая пластинка минерала 6 располагается на подложке 4 из бериллиевого стекла и прижимается медной втулкой 5. Замена образца осуществляется после вывинчивания гайки 3 со смотровым окном 7. Криокамера позволяет работать с объективом 8, имеющим фокусное расстояние около 7 мм.

Работа устройства. После установки образца и герметизации контейнера через штуцера 14 в криокамеру подается теплоноситель.

Ф.П.Мельников  
(МГУ, г.Москва)

#### РАМАН-СПЕКТРОСКОПИЯ ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ

1. Диагностика микроминералов в многофазовых включениях — важное направление в термобарогеохимии. Как показали исследования многофазовых включений в различных минералах, в них, действительно, открывается до сих пор неизвестный минеральный микромир. Микроминералы, доступные для визуальных наблюдений, имеют различную морфологию, размеры и оптические свойства.

2. Методом раман-спектроскопии было исследовано несколько многофазовых включений во флюорите из месторождения Тырныауз. Получено около семидесяти раман-спектров различных микроминералов. Не все спектры удалось расшифровать из-за отсутствия необходимых данных в каталоге.

3. Составлена классификация диагностированных микроминералов из многофазовых включений по их свойствам и составу.

#### ДРУГИЕ АСПЕКТЫ ТЕРМОБАРОГЕОХИМИИ

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ  
МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩЕЙ СРЕДЫ ВКЛЮЧЕНИЙ

За многие годы изучения включений минералообразующей среды накоплен обширный фактически материал, который однако разрознен и разбросан в различных публикациях, статьях. Возникла необходимость собрать его, критически осмыслить и систематизировать. Принципы систематизации его может быть несколько и все они, в зависимости от поставленных целей, имеют право на существование. Нами в основу систематизации материала поставлены фазовые превращения, которые происходят с содержащим включения минералообразующей средой при изменении температуры (обычно от  $-196$  до  $1400^{\circ}\text{C}$ ), что позволяет судить о ее химическом составе, плотности, вязкости, температура, давлении и агрегатном состоянии.

Принятые буквенные обозначения:  $G, L, B$  - соответственно газовая, жидкая и твердая (кристаллическая) фазы,  $V$  - стекло,  $>t, <t$  - соответственно повышение и понижение температуры. Начальное состояние включений дано для  $20^{\circ}\text{C}$ .

Однофазовые газовые и жидкие включения.  $(<t)G \rightarrow B_1 + L + G \rightarrow B_1 + B_2 + G$ . иногда  $B_1 + B_2 + L + G$  - такие фазовые переходы, иногда с некоторыми вариациями, характерны для растворов  $\text{CO}_2, \text{CH}_4, \text{N}_2, \text{H}_2\text{S}$  и смесей с примесью или отсутствием  $\text{H}_2\text{O}$ . Если плотность таких растворов превышает критическую, то последовательность фазовых превращений будет следующей:  $(<t)L \rightarrow B_1 + L \rightarrow B_1 + L + G \rightarrow B_1 + B_2 + B_3 + G$ . либо  $B_1 + B_2 + B_3 + L + G$ . Включения воды и водных растворов  $(<t) - L \rightarrow B, L \rightarrow L + G \rightarrow B(B + G)$ .

Двухфазовые жидко-газовые и газовой-жидкие включения  $(>t)$   
 $G + L \rightarrow G(L) ; G + L \rightarrow L_1 + L_2 + G \rightarrow L_1 + L_2$  ( $L \sim 8-10\%$ ) - ликвидация водного раствора;  $L + G \rightarrow L$ . Такие включения преимущественно заполнены водными растворами, иногда углеводородами типа нефти и др.

Многофазовые (3 и более фаз) включения с жидкостью  $(-тл)$ .  
 $(>t) L_1 + L_2 + G \rightarrow L_1 + G \rightarrow L(G) ; L_1 + L_2 + G \rightarrow L_1 + L_2 \rightarrow L$ , фаза  $L_1$  представлена обычно водным раствором, а  $L_2$  - диоксидуглеродным, реже углеводородным растворами.  $L + B_{1...n} + G \rightarrow L + G(L + B_n) \rightarrow L$ , растворение твердых фаз происходит конгруэнтно, либо инконгруэнтно. Такие включения законсервировали солевые водные растворы.  
 $G + L_1 + L_2 + B \rightarrow G + L \rightarrow G$  - возгонка твердой фазы.

Включения стекла. Превращения  $(>t) V \rightarrow V + G \rightarrow V$  характерны для кварца с включениями стекла с повышенным содержанием летучих. Иногда около 1-5% объема полости занято газовой фазой, либо водным раствором и газом.  $V + G + B \rightarrow V + G \rightarrow V$ ;  $B$  - соль и/либо силикат.  $V + B_{1...n} + G \rightarrow V + G(V + B_n) \rightarrow V$ .  $V + B_{1...n} + G \rightarrow V + V_1 + G \rightarrow V + V_1 -$  гетерогенный захват двух расплавов (силикатного и рудного).  $V_1 + V_2 + G \rightarrow V_1 + V_2 \rightarrow V$  - ликвидация расплава в определенном температурном интервале.  $V_1 + V_2 + G \rightarrow V_1 + V_2 + G$  - гетерогенны до  $1500^{\circ}\text{C}$ .

Включения расплавленного солевого расплава (она входит в фазу воды/водного раствора).  $(>t) B_{1...n} + G \rightarrow L + B_n + G \rightarrow L + G(L + B) \rightarrow L$ . Расплавы включений отличаются малой вязкостью, не образуют стекла. Они встречены в минералах субвулканических пород, занорышевых нагматитов, кимберлитов и других образований.

Минералообразующая среда обычно осуществляет: концентрацию (например, осуществление солевого и силикатного магматических расплавов), растворение, перенос и осаждение рудного компонента. Однако она может быть и средством транспортировки полезного ископаемого из области его зарождения и роста в места их консервации. Вынос алмаза из мантии Земли в земную кору может осуществляться либо резким выбросом больших масс кимберлитового расплава, либо постепенным передвижением маловязких солевых магматических расплавов.

Н.М.Подгорных, С.В.Конязин, Т.И.Газарова  
(ИГиЛ, г.Новосибирск)

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ СРЕД  
(КАК ИНДИКАТОРЫ ПОСТКРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО ПЕРИОДА  
СУЩЕСТВОВАНИЯ ПОРОД)

В рамках общей задачи по выявлению критериев рудоносности некоторых массивов трапповой формации Сибирской платформы, а также ультраосновного массива центрального типа Кондёр, при проведении термобарогеохимических исследований, обнаружены и изучены включения минералообразующих сред (МОС) в главных породообразующих минералах основных типов пород, слагающих изученные объекты.

Среди включений МОС установлены три типа: первичные, мимонто-ричные, вторичные, а также серия аномальных включений, обладающих

специфическим набором признаков, позволяющих выделить их в самостоятельный комплекс под условным названием "преобразованные" включения ИЖ.

Судя по пространственному расположению "преобразованных" включений и на основании сопоставления проведенных наблюдений с результатами экспериментов по гомогенизации включений методом последовательного нагревания в термокамере с повышенным давлением (Подгольных, 1981), "преобразованные" включения являются продуктом изменения первичных включений МОС, претерпевших значительные температурные воздействия в стадии посткристаллизационного существования пород. Причем степень температурного воздействия имеет свое отражение в проявлении ряда признаков как в изменении строения и базовых соотношений в самих включениях, так и в изменении свойств минерала-хозяина (по мере увеличения степени температурного воздействия увеличивается отношение объемов газокристаллической фазы в вакуоли включения; нарушение целостности минерала-хозяина; увеличение количества новообразованных мелких включений вокруг первого включения и др.).

Наличие "преобразованных" включений позволило составить суждение о многократности термального воздействия на породы изученных массивов в результате внедрения последовательной серии дийабаренцированных по составу магматических расплавов.

Проведенные исследования могут оказаться полезными, с одной стороны, с позиций теоретической термобарогеохимии при постановке задач по выделению критериев распознавания "преобразованных" включений, определению их места в существующих классификациях включений МОС. С другой стороны — с позиции практической геологии, когда результаты аналогичных исследований на других объектах могут быть использованы при петрологических реконструкциях, в том же при построении генетических моделей магмогенерации процессов рудообразования.

В.В.Лукинов, В.А.Баранов  
(ИГГМ АН Украины, г.Днепропетровск)

#### ТЕМПЕРАТУРА ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ВКЛЮЧЕНИЙ, КАК ИНДИКАТОР УСЛОВИЙ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД (ДОНБАСС)

Целью определения палеотемператур углефикации по вмещающим породам методом гомогенизации исследовались кварцевые зерна олиго-миктовых угле вмещающих пелочаников Донбасса, формировавшихся в среднем и верхнем карбоне.

Были приготовлены плоско-параллельные пластины без покровных стекол из песчаников, вмещающих угли марок Г, Ж, К, ОС, Т. Исследованные пелочаники кварцевые и полевошпат-кварцевые, с содержанием кварца обломочного 50-65%; цемент глинисто-карбонатный с примесью фельзита.

В ходе исследований в зернах кварца были установлены первичные включения со слабовыраженными формами отрицательных кристаллов, с температурой гомогенизации от 240-260 до 360-380°C, и вторичные включения, располагающиеся цепочками и называемые "Бемонские" включения или полоски "Бема".

В процессе гомогенизации, вторичные включения при определенных температурах меняли свою форму, как бы перетекали из канала в канал, меняли местоположение, причем изменения происходили необратимо. После прекращения температурного воздействия, форма остается такой, какой была в момент максимального нагрева, и дальнейшее изменение формы может начаться лишь при нагреве, превышающем предыдущий. Через некоторый промежуток времени наступает энергетическое равновесие в системе: включения принимают наиболее экономичные формы, которые перестают изменяться.

В процессе изучения термометрии Бемонских включений, повсеместно присутствующих в пелочаниках Донбасса, было определено, что температуру гомогенизации установить для них весьма сложно по следующим причинам: незначительное содержание газожилок включений по сравнению с газовыми и собственно жидкими; незначительные размеры включений; при температурном воздействии происходит раскрытие каналов, перетекание содержимого включений, перераспределение давлений.

Было установлено, что температура начала и окончания изменения формы включений зависит от степени катагенетических изменений пелочаника, которая, как указывалось ранее, устанавливалась в соответствии со степенью углефикации ближайших угольных пластов.

Учитывая трудности определения и большие вероятности получения значительных ошибок при изучении температуры гомогенизации Бемонских включений, предлагается, для оценки степени катагенеза, осадочных пород использовать температуру начала изменения формы вторичных включений, которая может служить индикатором при реконструкции палеотемпературных режимов.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ КАЛЬЦИТА ИЗ ЗОЛОТОРУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Эволюция формы кристаллов кальцита установлена на основании изучения анатомии индивидов и их возрастных взаимоотношений. Условия образования кальцита исследовались методами термобарогеохимии.

На месторождении Дарасун кристаллы кальцита различного габитуса характерны для поздней халцедон-карбонатной стадии. Наиболее ранними являются кристаллы ромбоэдрического  $\{10\bar{1}1\}$  габитуса. Они сменяются скаленоэдрическими индивидами, габитусными гранями которых являются  $\{2\bar{1}31\}$ , второстепенными -  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{01\bar{1}2\}$ ,  $\{2\bar{1}34\}$ ,  $\{02\bar{2}1\}$ . Реже встречаются индивиды с главными гранями  $\{17\cdot9\cdot26\cdot8\}$ ,  $\{32\bar{5}1\}$ ,  $\{3142\}$ . На кристаллах призматического габитуса грани призмы  $\{10\bar{1}0\}$  комбинируются с гранями ромбоэдров  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{01\bar{1}2\}$ ,  $\{02\bar{2}1\}$ ,  $\{4041\}$ , скаленоэдров  $\{51\bar{6}4\}$ ,  $\{2\bar{1}34\}$ ,  $\{3142\}$ ,  $\{53\bar{8}2\}$ ,  $\{32\bar{5}1\}$  и др. Внутри кристаллов прослеживаются зоны, отвечающие  $\{2\bar{1}31\}$  и  $\{32\bar{5}1\}$ . Завершается этот ряд кристаллизацией индивидов с габитусными гранями ромбоэдров  $\{01\bar{1}2\}$ ,  $\{02\bar{2}1\}$ ,  $\{03\bar{3}2\}$ . Газово-жидкие включения гомогенизируются в ромбоэдрических индивидах при температурах 120...75, скаленоэдрических - 75...60, призматических - 60-55°C.

На месторождениях Кара, Итака, Ирокинда наиболее ранние кристаллы имеют ромбоэдрический  $\{10\bar{1}1\}$  габитус. Они сменяются индивидами призматического, скаленоэдрического, уплошенно-ромбоэдрического и остроромбоэдрического габитусов.

Для месторождения Кара характерны два типа призматических кристаллов:  $\{10\bar{1}0\} + \{0001\}$  и  $\{10\bar{1}0\} + \{01\bar{1}2\}$ . Встречаются индивиды с одинаковым развитием граней  $\{10\bar{1}0\}$  и  $\{01\bar{1}2\}$ . С уменьшением размеров граней призмы они приобретают уплошенно-ромбоэдрический габитус. Температуры гомогенизации включений для отдельных габитусных типов следующие:  $\{10\bar{1}1\}$  - 295...285,  $\{10\bar{1}0\} + \{0001\}$  - 270...220,  $\{10\bar{1}0\} + \{01\bar{1}2\}$  - 160...140,  $\{01\bar{1}2\}$  - 70...45°C.

На месторождении Итака призматические индивиды образованы гранями  $\{10\bar{1}0\}$  и  $\{01\bar{1}2\}$ , иногда в комбинации с небольшими  $\{10\bar{1}1\}$ . На кристаллах скаленоэдрического габитуса главными являются грани

$\{2\bar{1}31\}$ , уплошенно-ромбоэдрического -  $\{01\bar{1}2\}$ , остроромбоэдрического -  $\{02\bar{2}1\}$ . Результаты гомогенизации включений следующие:  $\{10\bar{1}1\}$  - 250...235,  $\{10\bar{1}0\} + \{01\bar{1}2\}$  - 175...155,  $\{2\bar{1}31\}$  - 165...150,  $\{01\bar{1}2\} + \{10\bar{1}0\}$  - 130...105,  $\{01\bar{1}2\}$  - 80...60°C.

Призматические кристаллы с гранями  $\{10\bar{1}0\}$  и  $\{01\bar{1}2\}$  встречаются также на месторождении Ирокинда, причем размеры граней призмы колеблются в широких пределах. Индивиды скаленоэдрического  $\{13\cdot11\cdot24\cdot2\}$  иногда содержат фантом-кристаллы, образованные гранями  $\{01\bar{1}2\}$  и  $\{10\bar{1}0\}$ . Они сменяются кристаллами, на которых развиты грани двух ромбоэдров. Один из них близок к  $\{09\bar{9}1\}$ ; сигнал от граней другого представляет собой сплошную полосу с  $\rho$  от 66 до 74°.

В целом изменение формы кристаллов кальцита сопровождалось понижением температуры гидротермальных растворов. Вместе с тем температуры образования индивидов одного и того же морфологического типа различны для каждого месторождения. Кроме того, эволюция габитуса может осуществляться в узком температурном интервале (Дарасун). Полученные данные, а также результаты исследований включений в кристаллах кальцита из других месторождений (полиметаллических, ртутных, сурьмяно-ртутных, флюоритовых) свидетельствуют о невозможности использования морфологии кальцита в качестве минералогического термометра.

А.В.Козлов (СПИ),  
К.И.Лохов, Л.К.Левский  
(ИГТД, г.Санкт-Петербург)

ОСОБЕННОСТИ ФЛИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА  
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Низкотемпературные кристаллы кварца эндогенного происхождения, обладающие рядом общих морфологических, анатомических и генетических особенностей, выделены в самостоятельную генетическую группу кристаллов кварца низкотемпературной генерации. Целесообразность выделения данной группы кристаллов кварца обусловлена тем, что они являются индикаторами проявления процессов эндогенной активизации долгоживущих тектонических структур, которые часто являются рудоконтролирующими. Ранее отмечалась связь кристаллов данного типа с нефтегазоносными структурами. Аналогичны взаимоотношения кристаллов низкотемпературной генерации с текто-

ническими структурами, контролирующими концентрации некоторых металлических и неметаллических полезных ископаемых: алмазов, флюорита, ртути и др.

Габитусными гранями в кристаллах данной группы являются грани основных ромбоэдров и призмы. Выделяется ряд габитусных типов от псевдокубического  $\{10\bar{1}1\}$ , псевдопирамидального  $\{10\bar{1}1\} + \{01\bar{1}1\}$  до призморомбоэдрического  $\{10\bar{1}1\} + \{01\bar{1}1\} + \{10\bar{1}0\}$ . Облик кристаллов преимущественно изометрический или короткостолбчатый. В случае нарастания кварца низкотемпературной генерации на ранее образованные кристаллы кварца возникают склептровидные кристаллы или наросты в виде вершинных и реберных форм. Ограниченным распространением пользуются дополнительные грани, но в отдельных разновидностях кристаллов отмечаются довольно редкие для кварца формы:  $\{10\bar{1}2\}$  и  $\{11\bar{2}2\}$ .

Весьма характерной чертой кристаллов является широкое проявление скелетного роста, что находит отражение в их морфологических или анатомических особенностях. В участках замыкания ветвей скелета появляется интенсивная дымчатая окраска, распределение которой приобретает в этом случае пятнистый характер. Отмечается также аметистовая и цитриновая окраска, но последняя связана не с примесными центрами, а обусловлена присутствием неструктурных примесей трехвалентного железа. Окраска всех типов часто имеет зональное или секториальное распределение.

Характернейшей чертой кристаллов кварца низкотемпературной генерации является широкое развитие крупных первичных флюидных включений, которые приурочены к участкам замыкания ветвей скелета. Включения часто имеют форму отрицательного кристалла, но широко распространены и включения более сложной формы. Изучение синхронно образовавшихся семейств включений свидетельствует о формировании значительной части кристаллов данного типа из гетерогенной минералообразующей среды. Газовый анализ включений, выполненный с использованием масс-спектрометра MS-10 с термической активацией образца, показал значительные вариации в соотношении различных газов. Включения часто имеют существенно газовый состав с преобладанием  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ . Содержание метана, водорода и углекислого газа в отдельных включениях превышает 50%. Температуры гомогенизации первичных существенно водных включений не превышают  $180^\circ$ . Давление минералообразования, определенное по захваченным из гетерогенного раствора водным и углекислотным включениям, достигает 1 кбар.

А.А.Томиленко, В.В.Крылова  
(ИМиП, г.Новосибирск),  
Е.С.Флициян (ИЯФ, г.Ташкент)

#### РАСПЛАВНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПЛАВЛЕНОМ ПЕРИКЛАЗЕ КАК РЕЗУЛЬТАТ НЕСМЕСИМОСТИ

Впервые были обнаружены и детально изучены расплавные включения в плавленом периклазе, полученном при электродуговой плавке природного магнезита. Расплавные включения имеют различную степень раскристаллизации - от полностью раскристаллизованных до полностью стекловатых разновидностей. Кристаллические фазы расплавных включений по данным микросондового анализа представлены монтмеллитом, мервинитом, шпинелью и др. Основными компонентами в составе стекловатых и застеклованных включений являются  $\text{CaO}$  (38-46 мас.%) и  $\text{SiO}_2$  (36-40 мас.%), реже  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (2-5 мас.%). Содержание  $\text{MgO}$  обычно не превышает 15 мас.%, а  $\text{FeO}$  находится в пределах 0,02-2,6 мас.%. Особый интерес представляют расплавные включения с высоким содержанием железа. В них нередко наряду с кристаллическими и стекловатыми фазами присутствует металлическое железо ( $\text{Fe}$  - 90-96 мас.%,  $\text{Si}$  - 0,25-5,2 мас.%,  $\text{Ti}$  - 0,35-0,97 мас.%). Составы первичных и вторичных расплавных включений, а также остаточного расплава, раскристаллизованного в межзерновых границах, близки.

Полное расплавление стекловатых, частично раскристаллизованных и некоторых полностью раскристаллизованных включений происходит до температуры  $1520^\circ\text{C}$ . Фаза металлического железа плавится при температуре около  $1400^\circ\text{C}$  и в интервале температур  $1400-1480^\circ\text{C}$  сосуществуют две несмесимые жидкие фазы, одна из которых - силикатный расплав, а вторая - капелька расплава металлического железа. При температуре выше  $1480^\circ\text{C}$  обычно происходит растворение расплава металлического  $\text{Fe}$  в силикатном.

Результаты определения содержаний  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{FeO}$  по профилям, проходящим через границу периклаза-включение, а также анализ изображений расплавных включений в характеристических излучениях  $\text{Mg}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{Fe}$ , полученных на оканирующем электронном микроскопе, показали, что граница между расплавными включениями и матрицей резкая без какой-либо концентрационной зональности.

При помощи нейтронно-активационной радиографии было установ-

лено, что такие элементы, как Sm, Sc, La, Eu также концентрируются преимущественно в расплавленных включениях и межзерновых границах.

Несоответствие состава расплавленных включений составу исходного расплава ( $MgO - 95-96,6; SiO_2 - 1,0-1,8; CaO - 1,8-2,4; Al_2O_3 - 0,04-1,18; Fe_2O_3 - 0,14-0,34$  вес.%) и в то же время идентичность составов первичных и вторичных расплавленных включений расплавленному в интерстициях остаточному расплаву, а также значительно более низкие температуры их плавления по сравнению с температурой кристаллизации периклаза ( $2800^\circ C$ ) свидетельствуют о проявлении процессов ликвации исходного расплава на две несмешивающиеся жидкости. Одна из которых обогащена  $MgO$ , а вторая -  $SiO_2, CaO, FeO, Al_2O_3, Sc, Sm, La, Eu$  и др. В тех включениях, которые захватывали высокожелезистый расплав, при температуре ниже  $1500^\circ C$  в условиях пониженной летучести кислорода возможна ликвация на силикатную и рудную составляющие первоначально однородного расплава.

М.И.Гвмов  
(РГУ, г.Ростов-на-Дону)

#### КОНВЕКТИВНАЯ ФЛОИДНАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ НА ГИТЧЕТЫРНАУЗСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Детальное изучение геолого-структурных особенностей лейкократовых гранитоидов, взаимоотношений их с рудными телами, а также результаты термобарогеохимического картирования месторождения позволили выявить закономерности распределения основных минеральных ассоциаций, выраженных оптически асимметричной зональностью оруденения.

Основное окарново-метасоматическое вольфрам-молибденовое и штокверковое, преимущественно молибденовое, а также сопряженное полиметаллическое оруденение, несущее явные признаки рафинирования, занимает четко выраженную позицию и контролируется положением и формой тела лейкократовых гранитоидов.

По отношению к телу гранитоидов окарновые и штокверковые рудные тела локализованы определенным образом, а именно: первые локализуются в области "лежащего" бока интрузивного тела, частично захватывая гранитоиды; вторые - в области "висячего" бока на определенном расстоянии от тела гранитоидов.

Термобарогеохимическое картирование позволило выявить аномальное распределение температур вокруг тела лейкократовых гранитоидов и установить генеральные направления флюидных потоков, которые в указанных рудных телах азимутально разнонаправлены. В рудных телах "висячего" бока, на северо-восточном фланге месторождения, прослеживается прямая температурная зональность, а в рудных телах "лежащего" бока на юго-западном фланге - обратная (снижения температуры сверху вниз).

Эти особенности распределения параметров термобарогеохимического поля позволяют предположить существование своеобразной конвективной ячейки флюидов многократно фильтрующихся в пределах зон разупрочнения вокруг тела лейкократовых гранитоидов и формировавших и переработавших рудное вещество.

К.Э.Стельмаченок, С.В.Канакин  
(БТИ, г.Улан-Удэ)

#### ЗАВИСИМОСТЬ МИНЕРАЛОГИИ РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ (РВ) ОТ ВОДОСОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА МИНЕРАЛА-ХОЗЯИНА

Полученные к настоящему времени кристаллооптические и микроскопические данные о минеральном составе РВ в кварце гранитов свидетельствуют о существовании в природе двух основных типов расплавленных включений: кварц-полевошпатового и кварц-мусковитового. Учитывая значение растворенной в расплаве воды для кристаллизации магматического мусковита, проведено исследование влияния различного водосодержания РВ на их минералогию.

Как образец РВ с повышенным водосодержанием выбраны включения в кварце гранитов Первомайского массива (ЮЗ Бурятия). Оценки водосодержания РВ, выполненные по методике (Наумов, 1979; Рейф, 1990), составили  $5,0 \pm 0,7$  вес.%. Микроскопическими, термо- и волюмометрическими исследованиями нескольких десятков РВ установлено, что кроме отложенного на стенках вакуоли (с сохранением оптической ориентировки минерала-хозяина) кварца (70-100 об.% видимой части РВ), во включениях присутствуют мусковит (таблица, № 3) и силикат натрия. Малые размеры кристаллов Na-фазы и их случайное положение в объеме вакуолей позволили получить лишь семь приближенных анализов ( $SiO_2 \sim 56, Na_2O \sim 44\%$ ). Обнаруженная Na-фаза, по всей видимости, является бисиликатом натрия -  $Na_2Si_2O_5$ .

Анализ стекла гомогенизированных РВ подтвердил присутствие натрия в составе включений (табл., № I).

| N | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO     | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O | Сумма  |
|---|------------------|------------------|--------------------------------|------|---------|------|------|-------------------|------------------|------------------|--------|
| 1 | 75,14            | 0,07             | 13,42                          | 0,42 | на опр. | 0,01 | 0,29 | 2,71              | 3,33             | 5,0±0,7          | 100,39 |
| 2 | 69,44            | 0,01             | 14,10                          | 0,20 | 0,15    | 0,01 | 0,17 | 2,87              | 4,52             | 5,7±1,3          | 97,17  |
| 3 | 46,57            | 0,00             | 37,07                          | 0,73 | 0,19    | 0,01 | 0,00 | 0,56              | 10,80            | 4,5              | 100,43 |
| 4 | 47,73            | 0,53             | 29,45                          | 6,14 | 0,38    | 0,21 | 0,09 | 0,10              | 11,52            | 4,5              | 100,66 |

Исследование РВ с содержанием воды менее 1% из кварца гранитов Марикиканского массива (центр. Бурятия) обнаружило более сложный минеральный состав. Кроме родственной каймы кварца (35 об.% видимой части вакуоли), РВ содержат кристаллы калиевого полевого шпата, альбита и мусковита (табл., № 4). Округлая форма РВ и отсутствие (в отличие от РВ кварц-мусковитового типа) влажных в "родственный" кварц кристаллов мусковита предполагают его образование в результате гидролиза полевых шпатов в субсолидусной области. Отсюда следует, что минеральная форма Na- и K-содержащих фаз, выделяющихся при кристаллизации РВ, зависит от водосодержания расплава.

Другим важным фактором, контролирующим минеральный состав РВ, является тип минерала-хозяина. Первоначальная кристаллизация на стенках вакуоли РВ родственного минералу-хозяину вещества определяет дальнейшую последовательность и состав выделяющихся твердых фаз. Так, видимая часть РВ в КПШ первовейских гранитов сложена кристаллами кварца и альбита, а главными минералами РВ в топазе онгонигоподобных пород Акчетау являются мусковит и кварц. В последнем случае поиски Na-фазы не проводился, но на ее присутствие указывает содержание натрия в стекле гомогенизированных РВ (табл., № 2). Согласно работе Г.Г.Леммлейна (1962), изучавшего аналогичные РВ в топазе из пегматитов, Na-фаза может быть представлена криолитом.

П.Н.Баранов, В.В.Соболев, Д.Т.Хоменко,  
Е.В.Сулима

(ДИ, г.Днепропетровск)

#### ВКЛЮЧЕНИЯ ПИТАЮЩИХ И МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ СРЕД В КРИСТАЛЛАХ КВАРЦА

Известно, что непосредственным строительным материалом при кристаллизации минералов являются атомы и молекулы, выделяемые

из питающей среды, т.е. между питающей средой и растущим кристаллом существует зона, ограниченная поверхностями питающей среды и растущим кристаллом. Одним из таких ярких примеров может служить синтез кварца в трещинах железоуглеродных сплавов, где размер минералообразующей зоны составляет несколько миллиметров. При этом в кварце образуются твердые и флюидные включения. Аналогичные включения характерны и для кварца альпийских жил, где твердые включения практически всегда приурочены к зонам роста и имеют правильную форму. Флюидные включения представлены углекислотой (газовой, сжатой) водными растворами и их комбинациями. В теле кристалла они создают эффект ложных трещин, формирование которых происходит при становлении кристаллической решетки кварца. Размер и концентрация флюидных включений находится в прямой зависимости от размера кристаллов кварца.

Таким образом, при формировании кварца с бесконечно большой минералообразующей зоной образуются твердые сингенетические и флюидные эпигенетические включения, т.е. это по сути дела и есть включения минералообразующей среды, так как именно они вместе с минералом-хозяином определяют состав минералообразующей зоны.

Аналогичные разновидности включений устанавливаются и в кварце гранитоидов Западного Приазовья Украинского щита. Среди твердых включений выделяются реликты метаморфических минералов. Их состав четко коррелируется с составом включений минералообразующих сред, т.е. они выступают как реликты питающих сред. Образование реликтовых включений определяются спецификой метасоматического процесса, где размер минералообразующей зоны составляет несколько мкм. Отсюда следует, что с уменьшением размера минералообразующей зоны происходит захват включений питающих сред.

Процесс минералообразования с крайне малой минералообразующей зоной характерен для жидких систем, например для расплавов. Кварц вулкаников содержит твердые и расплавные включения. Твердые включения - это единичные кристаллики апатита и циркона. Расплавные включения представлены аморфными и раскристаллизованными разновидностями. Аморфные включения, кроме вулканического стекла, в своем составе чаще всего содержат газовую фазу, иногда минералы-узники, и очень редко минералы-спутники. Газовая фаза в расплавных включениях и твердые (минералы-спутники) включения, как показали экспериментальные данные, отражают геохимическую специ-

ализацию и размер минералообразующей зоны.<sup>3</sup> Поэтому не случайно, что концентрация включений минералообразующих сред в кварце альпийских жил и газа расплавных включений, а также твердых включений, в кварце вулкаников имеют идентичную зависимость от размера минералообразующей зоны. Следовательно расплавные включения, которые в своем составе, кроме вулканического стекла, содержат газовую и кристаллическую фазу (минералы-спутники) необходимо рассматривать как комбинированные, где вулканическая стеклопитающая среда, а газ и кристаллическая фаза отражают специализацию минералообразующей среды.

С.Б.Тальникова, Ю.П.Барашков  
(ИГи СО РАН, г.Якутск),  
(И.М.Сворень (ИГТИ АН Украины,  
г.Львов)

#### ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОВ В ПРИРОДНЫХ АЛМАЗАХ ОТ НАЛИЧИЯ В НИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ<sup>1</sup>

Масс-спектроскопическим методом были проанализированы 16 кристаллов алмаза из кимберлитовых труб Мир и Удачная. Изучение газовых примесей проводилось в алмазах с ультраосновным (5 октаэдрических кристаллов и 1 шпинелевый двойник) и эклогитовым (4 кристалла октаэдрического габитуса, 1 кристалл без определенной кристаллографической формы, 1 двойник алмаза в оболочке, 2 кристалла кубического габитуса желтого цвета и 2 серых кубических алмаза) парагенезисами включений. Среди включений идентифицированы олирин, хромит, диопсид (ультраосновной парагенезис) и омфакит, пироп-альмандин, микровключения сложного переменного состава (эклогитовый парагенезис).

С целью получения дополнительной информации о содержании газовых примесей для 3 октаэдрических алмазов был проведен отдельный анализ частей кристалла с включениями и лишенных видимых включений (обр. 3689, II64, II69). Для алмаза в оболочке (обр.3037) анализировались отдельно внешняя зона желтого цвета и внутреннее прозрачное ядро.

Установлено, что основными компонентами летучих являются  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  и  $CH_4$ , которые присутствуют в алмазах обоих парагенезисов. Наличие  $CO$ ,  $C_2H_6$  и  $C_3H_8$  определенно в отдельных кристаллах как ультраосновной, так и эклогитовой ассоциации. Обе части

кристалла 3689 содержали газы одинакового состава, но в половине алмаза с включениями оливинов отмечаются повышенные концентрации  $CO_2$ ,  $CO$  и  $N_2$  по сравнению с половиной без видимых включений: 2,138\* и 1,055; 0,36 и 0,223; 0,291 и 0,086 соответственно. Такая же картина наблюдается в кристалле II64 - часть алмаза с включением омфакита содержит несколько повышенные количества  $H_2$  (0,015 против 0,008),  $N_2$  (1,739-1,546) и  $CO_2$  (4,098-3,843). В половине кристалла II69 с включением пироп-альмандина содержание  $N_2$ ,  $CO$  и  $CH_4$  в несколько раз выше, чем в другой половине без видимых включений и составило соответственно 4,356 и 1,153; 36,104 и 2,99; 0,116 и 0,01.

Октаэдрические кристаллы обоих парагенезисов характеризуются сходным составом газовых примесей, за исключением гомологов  $C_2H_6$  и  $C_3H_8$ , которые обнаружены лишь в алмазах ультраосновной ассоциации и в кубических кристаллах эклогитового парагенезиса. Общий выход газов в алмазах ультраосновной ассоциации составляет 0,814-14,318, тогда как в алмазах эклогитового парагенезиса он изменяется в весьма широких пределах - от 6,186 до 249,682 для кристаллов октаэдрического габитуса; от 9,455 до 47,699 для серых кубических алмазов и от 25,164 до 684,574 для желтых алмазов кубического габитуса. Отмечается тенденция обратной связи между объемами долями  $N_2$  и  $CO_2$  в составе газов из алмазов обоих парагенезисов.

Таким образом, содержание газовой составляющей зависит от наличия твердых включений, захваченных во время роста алмаза, что, вероятно, объясняется сорбцией летучих на поверхности раздела алмаза и включения. Кроме того, летучие могут находиться в растворенном виде и в самих кристаллических включениях. Общий выход газов зависит от типа парагенетической принадлежности алмазов.

Ф.З.Рафикова, Е.А.Канаев  
(МГУ, г.Москва; ИГ АН Таджикистана)

#### РЕЖИМ УГЛЕКИСЛОТЫ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СКАПОЛИТА КУЖУРТ (ВОСТОЧНЫЙ ПАМИР)

Месторождение ювелирного скаполита расположено в восточной части Музкол-Рангкульского антиклиналя и сложено породами позд-

\* Здесь и далее содержание газов дано в  $\cdot 10^{-6}$  г/г кристалла.

непротерозойского возраста. На месторождении Кукурт встречается несколько разновидностей скаполита: в пегматитовых телах в первичных и вторичных полостях, метаморфических породах, зонах поздней перекристаллизации скаполитоосодержащих пород. Промышленное значение имеет тип скаполитовых жил в зонах поздней перекристаллизации. Жилы образуют штокверк размером 500x150. Длина жил по простиранию 2-5 м, мощность 0,1 до 1 м.

По составу преобладают альбит-скаполитовые, альбит-скаполит-биотитовые тела. Скаполит ассоциирует с альбитом, рутилом, биотитом, диопсидом, реже пиритом, магнетитом. Состав скаполита, его светопреломление зависит от состава вмещающих пород. В мраморах - скаполит майонитового состава, в силикатных породах - скаполит мариалитового состава.

Включения минералообразующих растворов изучались в скаполите, диопсиде, кальците. Выявлены следующие разновидности включений: однофазовые жидкие (размером до 7-8 мкм), двухфазовые жидкогазовые (газ 30-40%), многофазовые включения с одной и более кристаллическими фазами. Отмечено до 18 минералов-узников, различных по морфологии, физическим и оптическим свойствам, среди которых многие минералы обладают сильным двупреломлением, в малых количествах встречаются непрозрачные, по-видимому, рудные минералы. Твердая фаза занимает 50-80% всего объема вакуоли. Часто в первичных и вторичных включениях встречается углекислота. Отмечаются следующие разновидности углеродсодержащих включений: 1) гомогенные жидкие или газовые с  $CO_2$ , 2) гетерогенные с  $CO_2$  ( $CO_2г + CO_2ж + H_2O$ ;  $CO_2г + CO_2ж + K$ ;  $CO_2г + CO_2ж + H_2O + K$ ).

Термометрические исследования показывают температуру гомогенизации газовой-жидких включений при температуре 380-420°C, многофазовых включений 400-500°C, частичную гомогенизацию  $CO_2$  в газовую фазу 25-30°C.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что образование скаполитовой минерализации происходило при участии высокотемпературных, концентрированных, насыщенных углекислотой и др. летучими растворами.

Содержание углекислоты во включениях увеличивается в направлении от вмещающих скаполитовые жилы пород к крупнокристаллическому и ювелирному скаполиту. Обращает внимание более высокое содержание  $CO_2$  в зонах альбитизации и скаполитизации горных пород, а также в пегматитовых жилах.

Наиболее высокая концентрация  $CO_2$  отмечена в жилах с ювелирным скаполитом, вместе с тем, в жилах где отсутствуют ювелирные разности наблюдается более низкое содержание углекислоты во включениях. Таким образом, содержание углекислоты может быть использовано как индикатор условий минералообразования ювелирных скаполитов.

В.И.Сорокин  
(ИЭМ РАН, пос.Черноголовка)

#### РОЛЬ ХЛОРА В ОБРАЗОВАНИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ. (ВКЛЮЧЕНИЯ В КИНОВАРИ И СФАЛЕРИТЕ, СОВРЕМЕННЫЕ РУДООБРАЗУЮЩИЕ ГИДРОТЕРМЫ)

Экспериментальные данные и термодинамические расчеты устанавливают различную роль хлора в гидротермальном транспорте разных рудных металлов. Для элементов полиметаллической формации характерно преобладание в водной фазе гидротермальных систем в виде хлорокомплексов (в частности, для свинца и цинка). В сопоставимых условиях для элементов сурьмяно-мышьяково-ртутной формации установлена преобладающая роль других форм, например, гидроксокомплексов, для ртути - элементарной формы. Для оценки влияния хлора на условия формирования оруденения месторождений разных формаций в природе рассмотрены доступные нам данные по газовой-жидким включениям в киновари и сфалерите месторождений двух указанных выше формаций, а также данные по образованию современного оруденения этих двух типов (рисунок). Результаты позволяют сделать ряд выводов:

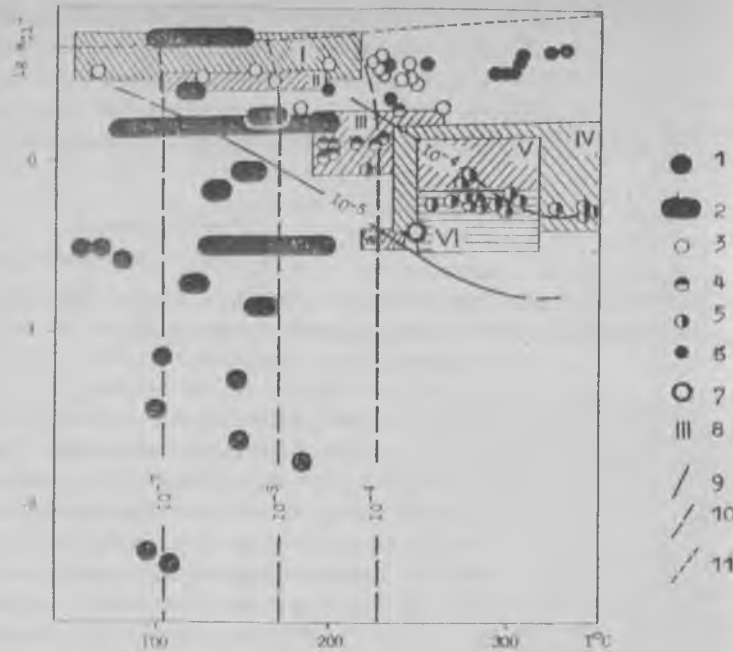
1. Для образования сурьмяно-ртутного оруденения наличие хлора в растворе не имеет серьезного значения при концентрациях его до нескольких (5-6) молей.

2. Только понижение температуры ниже 200°C в общем случае является причиной формирования оруденения.

3. Существует некоторый нижний лимит концентрации хлора, зависящий от температуры, ниже которого сфалерит не образуется. Причем этот лимит отвечает концентрации  $ZnS$  в растворе примерно  $10^{-5}$  м во всем диапазоне температур. При меньших концентрациях цинка месторождения по всей видимости не формируются.

4. При концентрациях хлора менее 0,25 м формирование сфалеритосодержащих месторождений не реально при температурах меньше

РОЛЬ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЭНДОГЕННОМ РУДООБРАЗОВАНИИ



1 - современные гидротермы с сульфидами ртути, мышьяка или сурьмы; 2 - газопо-жидкие включения в киновари; 3 - термальные воды впадины Атлантик (Красное море); 4 - включения в сфалеритах месторождения Крид (Колорадо); 5 - термальные воды черных курильских; 6 - термальные воды бассейна Салтон-Си; 7 - включения в сфалерите месторождения Инами (Япония); 8 - типы месторождений, из которых взят сфалерит: I - Миссисипи Валли (по Д.Крарару), II - то же (по Э.Рейдлеру), III - месторождения Крид, IV - эпитермальные месторождения (по Э.Рейдлеру), V - Куроко (по Д.Крарару), VI - Кипрский тип (по Д.Крарару), VII - золоторудные жилы; 9 - линии равной растворимости  $ZnS$  в растворах  $NaCl$  (по Хеннигу); 10 - то же для киновари (расчет); 11 - линия насыщения  $NaCl$

300-350°C, поскольку отсутствуют транспортные возможности для металла.

5. При концентрациях хлора меньше 1 м при наличии градиента температур полиметаллическое и сурьмяно-ртутное оруденение, формирующиеся из одной системы, будут неизбежно разобраны в пространстве тем отчетливее, чем меньше концентрация хлора. Это хорошо объясняет известную зональность.

Различные исследования первичных включений углеводородов в эндогенных минералах вскрыли глубинную сущность связи рудообразования и углеводородов. Было показано, что углеводороды во включениях - это непосредственные составные части минералообразующих растворов и активные участники рудообразующего процесса.

Полученные данные по масс-спектрометрии, ИКС, спектрам люминесценции углеводородов во включениях выявили их различные структурные формы.

Имеющиеся многочисленные данные о парагенетической связи углеводородов и эндогенных месторождений позволяют сделать вывод о том, что практически нет ни одного промышленно-генетического типа месторождений полезных ископаемых, на котором в той или иной форме не были бы проявлены углеводороды. Магматические ликвидационные месторождения, гранитные пегматиты, скарновые, плутогенно-гидротермальные, вулканогенно-гидротермальные, стратиформные, метаморфогенные месторождения различных металлов и неметаллических полезных ископаемых обнаруживают парагенетическую связь с различными битумами и углеводами.

Активное участие углеводородов в рудообразовании может быть проявлено следующим образом:

- а) углеводороды обладают восстановительным характером химических реакций: изменение окислительно-восстановительной обстановки является регулятором минералообразующего процесса. Самородные металлы и элементы образуются только в восстановительной обстановке;
- б) углеводороды выполняют роль концентраторов рудного вещества. Это особенно ярко проявляется при образовании урано-битумных месторождений;
- в) углеводороды являются активными экотрагентами. Нейтральные серосодержащие органические соединения, используемые в цветной металлургии, позволяют полно и избирательно извлекать различные металлы;
- г) углеводороды способны образовывать металлоорганические соединения. В растворах во флюидных включениях выявлены признаки таких соединений.

ВКЛЮЧЕНИЯ В ЦИРКОНЕ И  $\delta^{34}\text{S}$  СОСТАВ ЦИРКОНА  
ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ МИР (МАЛОВТУОБИНСКИЙ РАЙОН - ЯКУТИЯ)

В концентратах обогащения кимберлитов различных трубок обнаруживается циркон. Это редкий, но постоянно встречающийся минерал. Он образует зерна неправильной формы размером до 1,5 см, лишённые каких-либо следов кристаллографической огранки. Цвет зерен серый, бледно-розовый, золотисто-коричневый. Исследованию этого минерала в последнее время уделяется большое внимание. Это связано с наличием в цирконе разнообразных минеральных включений, изучение которых позволяет выяснить генетическое положение цирконсодержащих пород среди других типов, обнаруженных в кимберлитах.

Циркон характеризуется повышенными содержаниями Hf (более 0,83 мас.%).

В качестве сингенетических включений в цирконах определены: оливин ( $\text{Fo}$ ), клинопироксен (D1), сульфиды (пирротин-пентландит - халькопиритового), кальцит, хромшпинелиды. Впервые были найдены в цирконах трубки Мир флогопит, апатит,  $\gamma\text{-ZrO}_2$  (?). Для данных образцов с единичными сульфидными включениями был определен  $\delta^{34}\text{S}$ , который варьирует от +6,17 до +6,39 %.

По ассоциациям флогопит-шпинель и клинопироксен-шпинель рассчитаны термометры ( $\text{Fhl-Shp } T = 870^\circ\text{C}$ ,  $\text{Cpx-Shp } T = 1113^\circ\text{C}$  при  $P = 10$  кбар).

Находка сингенетических включений минералообразующих сред в цирконе (вакуоли размером 1-10 мк, расположенные по зонам роста минерала-хозяина), сложенные доломитом и водной составляющей (Боткунов, 1984) и определение сингенетических включений кальцита, апатита, флогопита указывают на кристаллизацию этого минерала из щелочной среды, насыщенной фосфором и карбонатом.

Изучение минеральных включений в ювелирном цирконе свидетельствует об эволюционном парагенезисе этого минерала в кимберлитовой трубке Мир.

ИЗУЧЕНИЕ РАСПЛАВНО-ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ  
ЭЛЬДЖУРТИНСКОГО ГРАНИТА ПО ВЕРТИКАЛЬНОМУ РАЗРЕЗУ

В пределах массива Эльджуртинского биотитового порфировидного гранита находится крупнейшее месторождение вольфрамо-молибден-Тырнауз. Три вертикальные скважины (600, 1500, 4000) в этом граните дали нам возможность изучать термобарогеохимические особенности образования этого гранита по вертикальному разрезу. Расплавные включения установлены в апатите, цирконе, плагиоклазе, щелочном полевом шпате и кварце; флюидные включения находятся в кварце, плагиоклазе, щелочном полевом шпате. Всего выделены следующие типы включений: расплавные включения типа I и II; гидротермальные включения (флюидные) типа А, В, Д, Е. Расплавные включения типа I имеют характерную почти идеальную квадратную форму в сечении, иногда их форма близка к прямоугольной. Эти включения состоят из нераскристаллизованного стекла, раскристаллизованного стекла и газовой фазы. Они установлены только в плагиоклазе и, как правило, приурочены к центральной части зерен. Расплавные включения типа II имеют округлую или неправильную форму. В них характерно постоянное присутствие газовой фазы в виде мелких деформированных пузырьков. Расплавные включения типа II в кварце гомогенизируются в интервале  $850\text{-}730^\circ\text{C}$ . У двухфазовых расплавных включений (тип II) в апатите гомогенизационные температуры  $1050\text{-}1160^\circ\text{C}$ .

Включения во вкраплениях содержат меньше газовой фазы, чем включения в тех же минералах основной массы, и в плагиоклазе включения типа I и II содержат меньше газовой фазы, чем включения в существовавших зернах кварца. Характерно, что в глубинных частях массива количество расплавных включений в плагиоклазе уменьшается, в том же направлении убывает и количество газовой фазы во включениях. Это, вероятно, обусловлено миграцией флюидной фазы в направлении к апикальной части как до начала так, и во время кристаллизации.

При комнатной температуре гидротермальное включение типа А состоит из трех фаз: газ, кристаллы и раствор, у которых имеют высокие гомогенизационные температуры:  $750\text{-}330^\circ\text{C}$ . Тип В отличается от типа А наличием рудной фазы, занимающей от I до 5% объема.

229

Тип Д - двухфазовые (газ + раствор) включения, находятся преимущественно в кварце, имеют низкие гомогенизационные температуры (350-130°C). Тип Е - сухие газовые включения, у которых средние гомогенизационные температуры (420-180°C). С глубиной наблюдается постепенное понижение концентрации рассолов во включениях, уменьшается количество и размер включений в этом направлении.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. По данным изучения характера включения эволюция флюидно-магматической системы проходила в три стадии: а) собственно-магматическую; б) магмо-флюидную; в) постмагматическую.

2. Миграция флюида в верхнюю и среднюю часть в камере кристаллизации началась до выделения вкрапленников плагиоклаза.

3. На всем этапе кристаллизации породообразующих минералов магма была гетерогенна - в ней отдельно существовала силикатная и флюидная фаза.

4. Скорость кристаллизации магмы в апикальной части была выше, чем в более глубоких частях, скорость миграции флюидной фазы через расплав вероятно была меньше, чем скорость его накопления.

А.Б. Дарбадзев

(ИГН АН Казахстана, г.Алма-Ата)

#### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В МЕТАСОМАТИТАХ И ПРОЖИЛКАХ НА РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КАЗАХСТАНА

При термометрических исследованиях методом гомогенизации газозо-жидких микровключений в минералах жил и прожилков ряда редкометалльных месторождений Казахстана устанавливается близкий к параболическому виду характер распределения температур. Он полностью сохраняется при образовании минеральных ассоциаций как при пассивном (вакуумный эффект), так и активном заполнении трещин растворами.

Так, в дорудных прожилках метаморфического кварца высокие температуры были в призальбандовых участках и снижались к центральной части. Такое же распределение температур, но с их более широким диапазоном характерно для скарнового процесса. Например, зональные известковистые скарны на Катпаре и Коктенколе (Промежуточный участок) начинали формироваться при температуре 580-540°, а заключительные продукты в интервале 480-440°, и даже 410°C. В

ряде грейзеновых тел отмечен обратный тип распределения. В рудных прожилках он зависит от их пространственного положения и тесно коррелирует с определенным типом оруденения. Прожилки с молибденитовой минерализацией в зальбандах имеют температуру выше, чем в центре, при возрастании разницы с удалением от интрузивных тел. В прожилках и жилах с вольфрамовым оруденением температура понижается от их центра к краям. На флангах месторождений диапазон температур между центром и краями прожилков возрастает. Температуры повышены в центральных участках сульфидных прожилков. В прожилках послерудной стадии градиенты температур минимальные.

Нами выделено три основных типа. Первый - распределение температур приближается к прямой с небольшой крутизной ветвью параболы. Это обусловлено довольно быстрой стабилизацией термодинамических параметров после поступления растворов в трещину. Второй тип - ветви параболы (или полоса параболического вида) весьма крутые и направлены вниз, т.е. термодинамического равновесия в системе не наступило вплоть до конца кристаллизации минеральной ассоциации. В третьем типе ветви также крутые, но направлены вверх, что указывает на колебания термодинамического режима, связанные либо с уменьшением температуры на входе трещины, либо с формированием парагенезиса минералов в закрытой системе. В результате получаем: 1) характер кривой показывает изменение температурного режима при минералообразовании в пространстве; 2) ширина полосы, составленная из температурных интервалов кристаллизации отдельного минерала, служит показателем уровня гидродинамического и термодинамического равновесия. Так прямая отражает устойчивое равновесие; параболы с небольшой крутизной ветвью характеризуют неустойчиво-равновесный процесс, а при крутых ветвях имеет место неравновесный процесс. Аппроксимируя полученные данные математическим методом, получаем кривые и уравнения распределения температур в поперечном сечении метасоматитов и жил. В дальнейшем по предложенной методике определялась доля или часть минеральной ассоциации, образовавшаяся в интересующем нас интервале температур. Возможен и обратный расчет. Данный метод применим для расчета локального (линейного) коэффициента рудоносности, представляющего собой отношение суммы продуктивных частей (долей) прожилка ( $\Sigma m$ ) к его мощности ( $m_0$ );  $K = \Sigma m / m_0$ .

В.В.Холоднов  
(Институт геологии и геохимии  
УрО РАН)

#### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЛОГЕНОВ МЕЖДУ МИНЕРАЛАМИ КАК ИНДИКАТОР РЕЖИМА ВОДЫ, СОСТАВА И УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ УРАЛА

Распределение F и Cl между сосуществующими гидроксилсодержащими минералами различных формационно-фациальных типов гранитоидов характеризуется рядом специфических особенностей.

На распределение F наибольшее влияние оказывают его концентрация в магматических расплавах и температура. Повышение температуры сопровождается преимущественным вхождением F в структуру биотита при равновесном снижении его концентраций в сосуществующих амфиболах и апатитах. Распределение F между сосуществующими биотитами и апатитами поэтому является надежным геотермометром. Одновременно концентрации F в данных минералах, с учетом экспериментальных и эмпирических коэффициентов распределения F между биотитом, амфиболом, апатитом и гранитным расплавом, позволяют концентрации F в магматических расплавах оценить и количественно.

На распределение Cl наибольшее влияние, наряду с концентрацией Cl в магматическом расплаве, оказывают не только температура и давление, но и исходное содержание воды в расплаве. Повышение температуры и снижение давления благоприятствует вхождению более крупного по размерам иона Cl в структуру апатита. В связи с этим апатиты высокотемпературных вулканоплутонических гранитоидных (базальтоидных и андезитоидных) ассоциаций Урала в целом характеризуются наиболее высокими содержаниями Cl (до 1-2% и более), тогда как апатиты глубинных плутонических ассоциаций, особенно наиболее низкотемпературных водно-анатектических, крайне бедны им (<0,1-0,3%). Влияние исходных содержаний воды в расплавах на распределение Cl между минералами определяется тем, что в соответствии с экспериментальными данными Cl в присутствии водной фазы предпочтительно концентрируется во флюиде и соответственно выносится из базальтоидного расплава в процессе его дифференциации и кристаллизации. В противоположность этому вынос F, вследствие его высокой растворимости в силикатных расплавах, на ранней стадии эволюции магматических расплавов не происходит, и он накапливается в остаточных лейкократовых гранитных магмах. В

соответствии с этим формирование наиболее древних рифтогенно-континентальных габбро-гранитоидных формаций Урала отвечает производным наиболее "сухих" базальтоидных магм, тогда как позднегеосинклинальных габбро-гранитоидных формаций - значительно более "водных". С вариациями в режиме воды и хлора связаны и существенные различия в рудогенерирующей способности базальтоидных магм - более богатые водой и хлором - продуктивны на постмагматическое гидротермально-метасоматическое скарново-магнетитовое оруденение, а бедные ими - на магмотогенное высокотитанистое титаномagnetитовое оруденение.

Е.М.Кожухметов  
(ИГЧ, г.Алма-Ата)

#### ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРА В КИСЛЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Был проведен сравнительный анализ распределения хлора в кислых магматитах, содержащих расплавные включения. Исследовались граниты и их вулканические аналоги разных рудных районов Казахстана.

Имеющиеся содержания летучих, в том числе хлора, в магматических породах, не характеризуют их истинных концентраций в материнской магме. В стекле первичных расплавных включений во вмещающих глубинного происхождения хлор присутствует в количестве 0,13-0,37 мас.%. Стекла близповерхностных фаз содержат сотни части процента хлора. В расплавных включениях гранитов содержание хлора составляет 0,10-0,15 мас.%. Повышенные концентрации хлора в глубинной фазе, вероятно, обусловлены глубинным источником этого элемента. Продукты глубокой дифференциации кислых магм верхних частей камер содержат минимальные концентрации хлора.

Установлена положительная корреляция хлора с калием и натрием. В отношении кремния (по составу пород) проявляется отрицательная корреляция. Более четко это выражается в составе расплавных включений в онгонитовых породах.

Кислые образования, с которыми связано оруденение, имеют повышенные содержания хлора в стекле и во флюиде расплавных включений. Наиболее ярко это выражено в магматитах месторождений железа, меди, свинца и цинка. Здесь стекла включений содержат 0,2 мас.% и более хлора.

Т.Л. Жуйкова, П.Л. Жуков,  
Р.Н. Мурогова  
(Раменский филиал ВНИИГеоинформ-  
систем)

### ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОРБИРОВАННЫХ ГАЗОВ ПО РАЗРЕЗУ МУРУНТАУССКОЙ СКВАЖИНЫ

Исследования выполнены с целью получения дополнительной информации по выявлению геолого-геохимических критериев генезиса и поисков золотого оруденения.

В работе представлены данные изучения сорбированных газов по разрезу глубокой скважины СТ-10 в интервале глубин 1225-3256 м. Разрез представлен флишоподобными породами бесапанской свиты (0-8:) крайне неоднородного литологического состава, подверженных процессам окварцевания пород в различных формах - в форме тонкозернистых ороговикованных пород и в форме кварцевых жил и прожилков. Угlistов (графитистое) вещество распределено в породах неравномерно.

Для выяснения особенностей распределения газов по отдельным литологическим разностям и установления связи газовой фазы пород с процессами окварцевания, рудной минерализацией и присутствием в породе угlistого вещества, все многообразие изучаемых пород флишоподобной толщи было условно сведено к четырем основным литотипам: алевролиты и метаалевролиты, окварцованные метаалевролиты, угlistо-филлитовые и угlistо-кварцевые сланцы.

Газы изучались термогазохроматографическим методом, с нагревом до 250°C малой навески породы (<1 г) в токе инертного газоносителя. Хроматографический анализ выделившихся газов проводился по комплексной методике, позволяющей из одной порции газа определять углеводородные (парафины и олефины до C<sub>6</sub>, включая их изомерные формы) и неуглеводородные компоненты (N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>).

Установлены следующие закономерности:

- распределение газов по разрезу очень дифференцировано, что отражает литологически неоднородный состав пород данного разреза;
- по средним данным для окварцованных разностей пород отмечается существенное увеличение метана по сравнению с его гомологами;
- увеличение доли тяжелых углеводородов характерно для печек, обогащенных угlistым веществом (из гомологов метана в относительном повышенном количестве присутствует этан, пропан и n-гексан);

- отмечено снижение концентраций более легких углеводородных газов на участках разреза интенсивного смятия и бражирования породы;

- установлено присутствие в газах сероводорода для зон, характеризующихся повышенным содержанием сульфидов (пирит, арсенопирит);

- по химическому составу сорбированные газы пород разреза преимущественно углекислые.

В.А. Нивин, Н.И. Белов  
(ГИ и ГоИ КНЦ РАН, г. Апатиты)

### МИКРОВКЛЮЧЕННЫЕ ГАЗЫ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД

В последнее время важное значение приобретают вопросы взаимоотношенности тектонофизических и газометрических особенностей магматических пород, которые в этом отношении, в отличие от геологических образований седиментогенного происхождения, изучены слабо. На примере апатитовых и редкометалльных месторождений, связанных соответственно с Хибинским и Ловозерским массивами щелочных пород, предпринята попытка выявить взаимосвязи газогеохимических (состава и содержания микровключенных газов) и геомеханических параметров. Рассматриваемые массивы являются наиболее высоконапряженными и газоносными из всех кристаллических комплексов восточной части Балтийского щита, а при отработке их месторождений сталкиваются с проблемами обеспечения безопасного ведения горных работ по факторам газовому и горных ударов. Микровключенные газы извлекались из пород с помощью шаровой вакуумной мельницы и ртутной откачивающей установки. Анализ осуществлялся на хроматографах. Помимо главных компонентов - метана и водорода - определялись также гелий, этан, азот и диоксид углерода. Из упругих и прочностных свойств измерялись и рассчитывались скорости прохождения продольных и поперечных волн ( $V_p$  и  $V_c$ ), модуль упругости (E), коэффициент поперечной деформации ( $\mu$ ), максимальные напряжения сжатия ( $\sigma_c$ ) и растяжения ( $\sigma_p$ ), коэффициент хрупкости ( $\sigma_c / \sigma_p$ ). При сопоставлении газометрических и геомеханических показателей в трех выборках (породы Ловозерского массива - ПД, ийолитуртиты и апатито-нефелиновые руды Хибин, соответственно ИУХ и АРХ)

установлены взаимосвязи со значимыми коэффициентами парной корреляции. Так, для ПЛ выявлена прямая зависимость  $V_p$  и  $V_s$  от величины отношений  $CH_4/He$ ,  $C_2H_6/He$ ,  $CH_4/C_2H_6$  и обратная — от процентного содержания этана ( $\% C_2H_6$ ) в составе газовой фазы. ИУХ характеризуются положительной корреляцией скоростей упругих волн с отношениями углеводородных газов к гелию и отрицательной — с  $\% He$ . Последняя связь присуща и АРХ. Величины  $E$  и  $\mu$  прямо коррелируются с отношениями  $CH_4/He$  и  $C_2H_6/He$  и обратно — с содержанием  $He$ . Кроме того, наблюдается положительная связь  $\mu$  и  $\% C_2H_6$  (ПЛ),  $CH_4/C_2H_6$  (ИУХ),  $\% H_2$  (АРХ) и отрицательная между  $\mu$  и  $\% He$  (ПЛ и ИУХ),  $\mu$  и  $\% CH_4$  (АРХ). Для  $b_p$  выявлены положительные коэффициенты корреляции с  $\% C_2H_6$  (ПЛ) и отношением  $CH_4/C_2H_6$  (ИУХ), а отрицательные — с  $He$  (ПЛ),  $\% C_2H_6$  (ИУХ). Между коэффициентом хрупкости и  $\% CH_4$  в ПЛ наблюдается прямая зависимость, а между  $b_c/b_p$  и  $\% H_2$  — обратная. Выявленные статистические взаимосвязи, не все из которых поддаются однозначной интерпретации на данном этапе исследований, свидетельствуют о перспективности использования газогеохимических показателей пород для характеристики их прочностных и упругих свойств, потенциальной удароопасности. При этом индикаторами геохимических параметров могут служить преимущественно соотношения индивидуальных газов и концентрации второстепенных компонентов микровключенных газов, а не общая газонасыщенность пород, определяемая главным образом метаном. Дальнейшее наращивание фактического материала даст возможность составить уравнения множественной регрессии для каждого типа пород и на вероятностной основе оценить тектонофизическое состояние пород по особенностям распределения микровключенных газов.

Н.А.Иванова

(Экспедиция "Химгеолнеруд", ПГО  
"Ташкентгеология", г.Ташкент)

#### ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФЛИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ

При изучении флюидных включений важное значение имеет вопрос возможности быстрого нахождения их в минералах или препаратах, где они были обнаружены ранее. Поэтому рекомендуется осуществлять привязку включений путем сочетания простых зарисовок изучаемых пластин или сколов минералов с их фотографированием в натуральную величину или под микроскопом при различных увеличениях. Учас-

ток, зафиксированный при более крупном увеличении должен быть помечен на предыдущем его изображении.

Зарисовки, сопровождающие фотографирование включений являются весьма полезными, так как они на ранней стадии изучения объектов исследования, нередко располагающихся на различных уровнях, позволяют выделить в пределах сделанного фотоснимка те особенности морфологии, состава или расположения включений, которые могут оказаться замаскированными различными второстепенными деталями. Благодаря этому конкретизируется последующая фаза работы по фотодокументации, конечной целью которой является представление максимально объективных сведений о исследуемых включениях флюидов в минералах. Увеличенные фотографии препаратов-пластин или сколов изучаемых минералов фактически представляют собой своеобразную фотокарту для привязки включений.

Учитывая вышесказанное, фотографирование должно явиться обязательной составной частью исследования включений.

Необходимо, однако, иметь в виду, что глаз "видит" больше, чем фотопленка. Поэтому для решения задачи, которая ставится исследователем при осуществлении работ по фотодокументации включений, следует использовать самые разнообразные приемы и технические способы, часть из которых кратко охарактеризована ниже.

Главную трудность при фотографировании представляет проблема третьего измерения, так как подавляющая часть включений является объемной. Трудности эти возрастают при фотографировании с большими увеличениями.

Для решения вопроса о глубине резкости изображения рекомендуется тщательный подбор направленного освещения, который позволяет снизить нежелательные эффекты затемнения участков, располагающихся вблизи включений и затрудняемых в связи с этим для изучения с помощью фотографирования.

Второе направление работ по данному разделу заключается в обнаружении более благоприятных участков для фотографирования, к которым относятся в первую очередь уплощенные включения, располагающиеся строго параллельно плоскости фокуса, что позволяет использовать большую степень диафрагмирования.

Помехи, связанные с наложением изображений нескольких включений, располагающихся на различных глубинах в изучаемых минералах, можно уменьшить, используя более тонкие препараты-пластинки, а также путем применения при фотографировании при несколько меньших

увеличениях высокоразрешающей пленки с последующим использованием больших увеличений при изготовлении фотоотпечатков.

И.Т.Бакуменко, А.А.Томиленко,  
А.И.Пономаренко

(ИМП, г.Новосибирск, Мин.  
музей, г.Москва)

#### О ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ В ГРАНАТЕ ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ "МИР"

В лилово-розовых гранатах из трубки "Мир" были изучены первичные флюидные включения. Включения с максимальным наполнением гомогенизируются при температуре около 175°C. Частично разгерметизированные включения – более высокотемпературны. Включения и составы гранатов идентичны тем, которые были описаны А.И.Боткуновым с соавторами (1985). Составы гранатов характерны для парагенезиса вебстеритовых ксенолитов, а также близки к кристаллическим включениям в алмазах (Соболев, 1974) и гранатам в поликристаллических сростках с алмазами (Похиленко и др., 1977).

Деструктивными методами в жидкой фазе идентичных включений были установлены предельные ароматические углеводороды (Боткунов, и др., 1985). Однако изучение флюидных включений в синтетических алмазах прямым методом КР-спектроскопии, проведенное совместно с Ю.Н.Пальяновым и А.П.Шабениным, а также данные хроматографии показали, что включения здесь представлены раствором скважинных газов (CO, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) в жидких алканах. Поэтому можно было ожидать алкановую природу и включений в высокобарических гранатах из трубки "Мир".

Чтобы проверить гипотезу об алкановом составе включений в гранатах и исключить явления механохимического реакционного новообразования органических соединений ароматического ряда при дроблении материала с включениями, нами было проведено изучение содержимого включений без деструкции препаратов. Сильная люминесценция гранатовой матрицы за счет примесей хрома, закрывает весь диапазон КР-спектра от 100 до 3500 см<sup>-1</sup>. Поэтому для изучения включений были использованы методы ИК-спектроскопии (съемка велась на ИК Фурье-спектрометре с микроскопической приставкой фирмы Брюкер в ИФП, Новосибирск), а также криометрии и термометрии.

ИК-спектр флюидного включения, в отличие от гранатовой матрицы, имеет полосу поглощения, характерную для углеводородов

(в районе 2800–3000 см<sup>-1</sup>). Другие полосы поглощения, необходимые для более точной идентификации углеводородной смеси, закрыты из-за сильного поглощения гранатовой матрицей.

Данные термо- и криометрического изучения включений в гранате не противоречат гипотезе об алкановой природе углеводородов. Судя по температурам гомогенизации жидкие углеводородные включения могут быть представлены n-алканами не ниже C<sub>5</sub>-C<sub>11</sub> (с учетом значений критических температур последних). После замораживания жидкой фазы включений, подплавление образовавшихся кристалликов наблюдается при -20°C и последние твердые фазы исчезают при -10°C. В случае n-алканов это может соответствовать смесям с цепочками типа C<sub>11</sub> и более высокомолекулярным соединениям.

Ф.П.Мельников, Р.В.Лобзова,  
Т.А.Зиборова, А.В.Бражник  
(МГУ, ИГЕМ, г.Москва)

#### ТИПЫ И ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ БИТУМОВ И УГЛЕВОДОРОДОВ НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Парагенетическая и генетическая связь углеводородов с рудными месторождениями все более широко привлекает внимание исследователей в последнее время. Нами были исследованы проявления битумов и углеводородов на Тамватнейском ртутно-вольфрамовом месторождении и на ряде полиметаллических месторождений.

Основная рудная залежь Тамватнейского ртутно-вольфрамового месторождения представляет собой плитообразное тело метасоматически измененных серпентинитов, протягивающееся вдоль северного контакта Тамватнейского гипербазитового массива по зоне глубинного разлома. Ртутно-вольфрамовое оруденение отличается сложностью минерального состава руд и полистадийным характером рудоотложения. В истории формирования месторождения выделяются дорудные – серпентинитовый, листовитовый и рудные – кварц – сульфидно-аргиллизитовый (вольфрамовый) и кварц-хальцедоновый (ртутный) этапы (Бабкин, 1975; Воеводин и др., 1984). Для последнего характерно широкое распространение углеводородов как в породах, так и в рудах. На различных участках месторождения определены (Бабкин и др., 1970; Иванов, Клубов, 1979) нефть, нефтоидная малята, нефтоидный асфальтит. В газовой составляющей включений в киновари определены высокие содержания метана (Воеводин и др., 1984).

Нами проводилось изучение углеводородных включений методом гомогенизации в кварцах различных генераций (40 замеров). Исследовались термические превращения битуминозного вещества и его поведение в ультрафиолетовом свете (УФС).

Установлено, что для рудной зоны характерно присутствие углеводородов трех генераций.

Стратиформные свинцово-цинковые месторождения локализируются в известково-доломитовых формациях, сформировавшихся в лагунно-морской фашиальной обстановке. В бортовых частях субплатформенных впадин, в пределах древних и молодых платформ, средних массивов и зон ранней консолидации.

Сардана, Уруй, Перевальное и другие месторождения и проявления Майско-Кыллахской зоны (прот. 600 км, ширина 40-50 км) приурочены к глубинному разлому, отделяющему Сибирскую платформу от Южно-Верхоянской геосинклинали (Ставцев А.Л., 1976, Павлов Д.И. и др., 1985).

Каратауская металлогеническая зона (месторождения Миргалмсай, Байджансай, Шал-Кия и др.) приурочена к многогеосинклинальной структуре, на окраине регенерированных средних массивов или массивов ранней консолидации и сложена терригенно-карбонатными и вулканогенно-терригенно-карбонатными породами.

Месторождение Сардана - рудные залежи контролируются разломом СВ простирания. Твердые битумы встречаются главным образом в надрудной пестроцветной свите нижнего кембрия в виде нитевидных и протяженных мономинеральных прожилков, либо обогащенного карбонатного материала породы.

В растворах включений сфалерита и пирита месторождения Сардана по данным Д.Н.Хитарова ведущая роль принадлежит углеводородам (при наличии в них углеводородов), что совпадает с выводами других исследователей (Кутий и др., 1980). Отмечается более высокая газонасыщенность включений пирита, чем сфалерита.

Для бассейна Каратау характерно наличие свинцово-цинковой минерализации в породах практически всего стратиграфического разреза толши от рифея до неогена. Месторождение расположено в северо-западном Каратау и приурочено к нижнефаменским отложениям Акуюкской синклинали, ядро которой слагают доломиты и известняки. Содержание С в них составляет 4-5%, растворимых битумов 0,77%. По данным Стеценко, 1979, в состав битумов входят парафины (7,6%), масла (27%), смолы (49,2), асфальта (21,2). Мощностъ изменчивая.

Руды сложены галенитом, сфалеритом, пиритом, марказитом, доломитом, кальцитом, баритом, кварцем. Редко встречаются арсенопирит, борнит, Ag-сод. минералами, весьма характерно наличие органического вещества в виде битумов твердых и графитизированного в разной степени углеродистого вещества, Алексеевко, 1981, 1982 гг. указывает, что Pb, Zn, Ag в доломитовых породах, обогащенных органикой на порядок выше, чем без органики, а в известняках содержание металлов ниже, чем в доломитах. Содержание  $C_{org}$  в породах Шал-Кия варьирует 0,65-1,37%, в Сардана - 0,02-0,08%.

В.С.Поликовский, В.И.Каменский, Н.А.Иванова,  
Р.А.Вирюгина

(Научно-производственный и учебный центр  
(НПЦУ) Госкомгеологии Республики Узбекистан, г.Ташкент)

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА КУРСА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
ПО ПРОБЛЕМЕ: "ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ  
УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ПОСТМАГМАТИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ"

Учебная программа курса "Термобарогеохимические методы изучения условий образования и прогнозирования постмагматического оруденения" рассчитана на повышение квалификации руководящих работников, ведущих специалистов, а также старших геологов, геохимиков, геофизиков, минералогов, петрографов и термобарогеохимиков, имеющих высшее образование или практиков со стажем производственной работы не менее пяти лет.

Программа предусматривает ознакомление обучающихся с уровнем современных достижений методов термобарогеохимии, обучение главным методическим приемам их использования при геолого-съемочных, поисковых, геологоразведочных, эксплуатационных, опытно-методических, тематических и научно-исследовательских работах, целенаправленных на выявление, прослеживание и оценку золотого, серебряного, оловянного, молибденового, вольфрамового, полиметаллического, ртутно-сурьмяного, флюоритового и других видов эндогенного и метаморфогенного оруденения.

Программой рассматриваются следующие вопросы, решение которых определяют области применения термобарогеохимических методов на различных этапах и стадиях изучения и локального прогнозирования эндогенного оруденения:

- направления движения и ширина потоков рудообразующих флюидов;
- характер температурной вертикальной и латеральной зональности;
- уровень эрозионного среза;
- время и механизм отделения рудоносных флюидов;
- связь оруденения с интрузиями, размах оруденения;
- глубина и этапы формирования оруденения.

Целенаправленное использование методов термобарогеохимии для выявления степени перспективности как отдельных регионов, районов и площадей на отдельные виды полезных ископаемых, так и конкретных месторождений, рудных полей и рудоносных тел рекомендуется осуществлять по следующим направлениям: анализ геологической обстановки района, площади рудного поля или продуктивных тел, планируемых к изучению с применением термобарогеохимических методов, полевые работы целенаправленные на определение ТБГ-параметров и генетических особенностей процессов, участвующих в формировании изучаемых объектов, а также ореолов пропаривания, сопровождающих образование продуктивных тел и используемых в качестве критериев на скрытое оруденение, лабораторные ТБГ - исследования материалов, отобранных в полевых условиях, обработка результатов полевых и лабораторных ТБГ-исследований с применением методов математической статистики, прогнозирование постмагматического оруденения на основе обобщения всех проведенных ТБГ-исследований с учетом результатов геохимических, минералогических, геофизических, структурно-тектонических и других традиционных методов изучения и поиска скрытого оруденения.

Освоение всех видов обработки результатов ТБГ и разделов учебной программы методом изучения условий образования и локального прогнозирования постмагматического оруденения осуществляется путем лекционного материала и участия слушателей в специализированных ТБГ полевых работах на эталонных золоторудных, сереброносных, редкометалльных, полиметаллических и плавиково-шпатовых месторождениях Узбекистана, проведения практических занятий на базе производственной ТБГ-лаборатории производственного геологического объединения "Ташкентгеология", а также участия в обработке получаемых результатов по системе локального прогнозирования на базе Научно-производственного и учебного центра Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам Республики Узбекистан.

Учебный процесс осуществляется силами ведущих специалистов термобарогеохимиков производственных, научно-исследовательских организаций и вузов гг.Ташкента, Москвы, Львова, Ростова-на-Дону, Магадана, Благовещенска, Алма-Аты и др. Срок обучения - 2 недели. Заявки на обучение по данному курсу направляются по адресу: 700027, г.Ташкент, пр.Фурката, 1; НИИЦ, Курсы повышения квалификации руководящих работников и специалистов, директору т.Каменскому Владимиру Ивановичу. Справки по телефону 45-15-40.

Э.С.Сианисян  
(Ростовский госуниверситет)

#### ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ

Представлены результаты широкого круга исследований, проведенных на основе термобарогеохимических (ТРХ) методов изучения флюидных включений (ФВ) в минералах пород осадочных бассейнов. Преимущество их использования заключается в том, что по одному образцу, т.е. в одной и той же точке разреза представляется возможным получить информацию о максимальном прогреве, давлении, химическом, газовом, изотопном составе "законсервированного" флюида, количестве этапов, а также динамикогенетических (Дк) условиях кристаллизации и перекристаллизации минералов осадочных пород. Перечисленные виды исследований выполнены по Терско-Каспийскому, Западно-Кубанскому прогибам, Припятской впадине и Байкитской антиклизе, отдельным районам Прикаспийской мегавпадины, Араксинской впадине и др.

Максимальные палеотемпературы (ПТ) определялись вакуумно-дакриптометрическим методом, контролировались методами гомогенизации, расчетными, сопоставлялись с результатами оценки температур по данным отражательной способности витринита (ОВВ). По сравнению с расчетными ПТ фактические отражают более контрастную картину, особенно в наиболее дислоцированных областях, осложненных разрывными нарушениями. На основе ТРХ исследований построены карты и разрезы по продуктивным отложениям Предкавказья, что позволило восстановить историю геотермического развития региона, оценить условия миграции флюидов, в том числе углеводородов (УВ). Выявленные особенности палеотемпературного поля указанных бассейнов рассмотрены с позиций возможностей генерации, аккумуляции, миграции углеводородов.

Обработка достаточно большого фактического материала по разновозрастным отложениям различных бассейнов позволила установить корреляционные соотношения между ОСБ и палеотемпературами, определенными ТРХ методом. Выявлено, что на показания отражения витринита влияют тектонодинамические процессы. Предложенный показатель Дк активности позволяет количественно оценить степень преобразованности пород, динамикатагенетической напряженности комплексов, бассейнов.

Химический и газовый состав ФВ послужил основой палеогидрогеотермических реконструкций изученных бассейнов, дал возможность проследить эволюцию химического состава подземных вод, установить (с привлечением данных изотопного состава) генезис древних подземных вод.

На основе хроматографического и ИКС анализа ФВ, в том числе и углеводородосодержащих, выделены определенные критерии диагностики продуктивности отложений.

## О г л а в л е н и е

### Теоретические и общие вопросы

|   |    |
|---|----|
| Долгов Ю.А. Условия минералообразования на дне океана .....   | 4  |
| Мельников Ф.П., Моисеевко В.Г., Хитаров Д.Н. Термобарогеохимия природных геологических процессов .....  | 5  |
| Хитаров Д.Н., Кандинов М.Н. Использование методов термобарогеохимии для построения количественных геолого-генетических моделей рудообразования .....  | 6  |
| Калужный В.А., Редько Л.Р., Сушевская Н.М., Кононова Н.Н., Сахно Б.Э. Фазово-компонентный состав газовых включений (пузырей) в стеклах толеитовых базальтов из рифтовых зон мирового океана .....   | 8  |
| Сушевская Т.М. Физико-химические механизмы формирования оловянных руд .....   | 9  |
| Труфанов В.Н. Термобарогеохимические аспекты молекулярной геологии .....  | 10 |
| Лазько Е.М., Ляхов Ю.В., Павлунь Н.Н., Пизнюр А.В., Попивняк И.В. Современные направления термобарогеохимических исследований .....   | 11 |
| Рейф Ф.Г., Кременецкий А.А., Улод Н.И. Использование расплавных включений для выяснения механизма образования остаточных очагов флюидогенерирующего расплава ...  | 13 |
| Хетчиков Л.Н., Пахомова В.А., Гвоздев В.И., Тишкин Б.М., Андросов Д.В. Проблемы генезиса и рудоносности гранитоидов и их решение методами термобарогеохимии .....   | 14 |
| Седова И.С., Семенов А.П., Вапник Е.А. Флюидные включения и флюидные составы содержащих их пород в полиметаморфических комплексах .....   | 16 |
| Хайретдинов И.А., Петров О.М., Андриянова Н.А., Кононенко А.П., Кононенко Н.П., Мартынов В.В., Решетнева В.И. Минералотермометрические исследования при комплексном выявлении и изучении рудообразующих электрогеохимических структур ..... | 18 |
| Петриченко О.И., Побережский А.В. Проблемы исследований включений в минералах месторождений экзогенной серы .....   | 19 |
| Ковалевич В.М. Возможность использования включений в галите для решения проблемы химической эволюции осадочного породообразования в геологической истории .....   | 20 |
| Кандинов М.Н. Эволюция флюидного режима при формировании разнотипной минерализации областей тектоно-магматической активизации .....   | 21 |
| Панина Л.И., Базарова Т.Ю., Моторина И.В. Дифференциация, смешение и ликвация щелочнобазальтоидных расплавов .....  | 23 |

|   |    |
|---|----|
| Соколов Б.А. Флюидные включения в минералах - индикатор природных породных растворов .....  | 24 |
| Соловова И.П., Наумов В.Б., Гирнис А.В., Гужова А.В. Сверхкритические водно-углекислые флюиды в кислых расплавленных включениях из минералов андезитов .....                                      | 26 |
| Соболев А.В. Геохимия расплавленных включений в минералах мантийных магм: методы анализа и научные следствия .....  | 27 |
| Горовой А.Ф. Термобарогеохимическая зональность в Донецкой ртутной провинции .....  | 28 |
| Нарилон Ю.С. К информативности термобарогеохимического изучения кварцевых жил редкометалльных месторождений .....   | 29 |
| Томиленко А.А. Несмесимость в системах углекислота-азот и углекислота-метан в области низких температур .....   | 30 |
| Чупин В.П., Бабанский А.Д. Расплавные включения в высокобарических минералах: особенности исследования, результаты .....  | 32 |
| Плясунова Н.В., Шмулович К.И. Флюидная несмесимость как один из возможных механизмов образования углекислотных включений при метаморфизме .....   | 34 |
| Соколов С.В. Комплексная оценка ТР-параметров образования карбонатитов .....  | 35 |
| Возняк Д.К., Галабурда Ю.А. Солевые магматические расплавы и минералообразование (по флюидным включениям в минералах) .....   | 37 |
| Термобарогеохимия магматических, метаморфических и карбонатитовых образований   |    |
| Соловова И.П., Гирнис А.В., Гужова А.В. Карбонатно-силикатная несмесимость в щелочных базальтоидах Восточного Памира .....  | 40 |
| Чамерян О.П., Соболев А.В., Дмитриев Л.В., Кононкова Н.Н. Петрология базальтов Азоро-Бискайского поднятия (Атлантический океан) по данным исследования расплавленных включений .....              | 41 |
| Титов А.В., Владимирова А.Г., Чупин В.Г. Условия кристаллизации и эволюция магм при формировании Алячурского полихронного плутона и Кызылрабатской вулканоплутонической серии (Южный Памир) ..... | 43 |
| Симонов В.А., Добрецов Н.Л., Ашапков И.В. Флюидные включения в минералах мантийных ксенолитов Байкальской рифтовой зоны .....   | 44 |
| Колесник Т.Б. Магматическая кристаллизация редкометалльных щелочных гранитов (по данным термобарогеохимии) .....  | 45 |
| Подгорных Н.М., Ковязин С.В., Базарова Т.Ю., Пругов В.П., Минин В.А. Включения в минералах ультраосновных платиноносных пород Кондарского массива .....   | 43 |

|  |    |
|--|----|
| Витык М.О., Скакун Л.З., Ломов С.Б. Вторичные флюидные включения в фенокристаллах кварца риолитовых туфов Березовского месторождения (Закарпатье) .....                        | 48 |
| Симонов В.А., Ковязин С.В., Милоснов А.А. Расплавные включения в минералах бонинитов Горного Алтая .....   | 48 |
| Сонюшкин В.Е., Кеппинская П.К. Флюидные CO <sub>2</sub> включения и дислокационные микроструктуры оливина ультраосновных ксенолитов .....                                      | 49 |
| Чупин В.П., Титов А.В., Чупин С.Г., Степанюк Л.М., Котов А.Б. Расплавные включения в цирконах из докембрийских пород .....   | 50 |
| Розен О.М., Добрынецкая Л.Ф., Сонюшкин В.Е. P-T-t тренды гранулитов по флюидным включениям (на примерах Анабарского, Кольского и Южно-Шведского регионов) .....                | 51 |
| Петрова Г.А., Таланцев А.С. Расплавные включения в карбонатитах Урала .....  | 52 |
| Специус Э.В., Бобров В.А. Летучие компоненты в гранатах глубинных ксенолитов и петрогенетические приложения .....  | 53 |
| Кожухметов Е.М. Термобарогеохимия эволюции флюидов кислых рудоносных магматитов .....  | 54 |
| Рейф Ф.Г., Ишков Ю.М. Изменение металлоносности магматического флюида в процессе кристаллизации W-носной гранитной интрузии .....  | 55 |
| Лохов К.И., Саморукова Л.М., Седова И.С. Флюидные составы минералов метаморфических и магматических комплексов (по данным химической масс-спектрометрии) .....                 | 57 |
| Тальникова С.Б. Исследование включений в кубических кристаллах алмаза .....  | 58 |
| Косупов Р.Г., Полюковский В.С., Мустафин С.М., Самородные металлы, карбиды и силициды орогенных областей, газовый состав флюидных включений (Срединный Тянь-Шань) .....        | 60 |
| Термобарометрические исследования включений в минералах пегматитовых, скарновых, гидротермальных и метасоматических образований  |    |
| Файзиев А.Р., Искандаров Ф.Ш. Температурные условия кристаллизации апатиты, граната и целестина из редкоземельно-фторитового рудопроявления Дункальдык (Восточный Памир) ..... | 64 |
| Райкова Ф.З., Минаев В.Е. Многофазовые включения в минералах пегматитов (Восточный Памир) .....  | 65 |
| Наумко И.М. Условия образования акцессорного берилла в зонах выщелачивания пегматитов занорышевого типа Украины .....  | 67 |
| Юсупов С.Ш. Високотемпературные рудно-солевые включения в минералах скарново-магматитовых месторождений Урала .....  | 68 |
| Лицарев М.А., Андрусенко Н.И., Бердников Н.В., Дороговин Б.А. Параметры образования флюидитовых месторождений Аллана, Юго-Западного Прибайкалья, Юго-Западного Памира .....    | 70 |

|   |    |
|---|----|
| Карпущина В.С., Баранов Э.Н. Физико-химические параметры формирования колчеданных месторождений Южного Урала .....  | 71 |
| Юсупов С.Ш., Бурлаков А.Р., Серебрякова О.Т. РТ-условия формирования метасоматитов и колчеданных руд Таштаусского месторождения (Южный Урал) .....  | 73 |
| Грабежов А.И., Карпущина В.С. Температурный режим формирования медно-порфириновых месторождений Южного Урала ....   | 74 |
| Литвинович А.Р., Павлунь Н.Н., Костенко А.И. Физико-химические условия образования золотого оруденения одного из месторождений Чадакского рудного поля (по данным термометрии и барометрии) (Узбекистан) .....                                      | 76 |
| Кабо А.Е., Полыковский В.С., Тенглашев И.Т., Тусметов А.Т., Иванова Н.А., Самолдина Л.Ю. Температурные условия образования серебро-арсенидного оруденения пятиэлементной формации (на примере Актэпинского рудного поля в Кураминском хребте) ..... | 77 |
| Файзиев А.Р., Искандаров Ф.Ш. Термобарические параметры кристаллизации флюорита в Дункельтыкском редкоземельно-флюоритовом рудопоявлении (Восточный Памир) .....  | 79 |
| Округин В., Гусева В., Игнатович И., Шувалов Р., Леттанич П.Ф. Флюидные включения в эпитермальных месторождениях Камчатки .....   | 81 |
| Васюта Ю.В., Бочек Л.И. Физико-химические условия формирования глубоководных сульфидных руд .....   | 82 |
| Манучарянц Б.О., Озерова Н.А., Павлуцкая В.И. Об условиях образования сурьмяных и ртутно-сурьмяных месторождений Южной Ферганы .....  | 84 |
| Братусь М.Д., Литвин И.В., Заец А.В. Условия формирования редкометалльного проявления в Кировоградском блоке Украинского щита .....   | 85 |
| Сидор Д.В. Температурные особенности перекристаллизации калийных солей на примере Верхнекамского месторождения .....  | 86 |
| Каложный В.А., Сайко Н.М. Физико-химические условия формирования жильных ассоциаций минералов Квасовского рудного поля (Закарпатье) .....   | 87 |
| Николанко А.Е., Ковалевский В.А., Попивняк И.В., Попов А.Е. Физико-химические условия формирования золоторудного месторождения Мизек (Восточный Казахстан) .....  | 88 |
| Братусь М.Д., Грешишин Б.И., Давиденко Н.М., Черняев Е.В., Шишкова Л.Н. Параметры минералообразования на золоторудном месторождении Кубака .....  | 90 |
| Химический и изотопный состав флюидных включений в минералах пегматитовых, скарновых, гидротермальных, метасоматических и осадочных образований   |    |
| Смирнов С.З., Бакуменко И.Т., Рейф Ф.Г., Ишков Ю.М. Исследование состава флюидов на позднемагматическом этапе формирования гранитных пегматитов .....   | 92 |

|   |     |
|---|-----|
| Наумко И.М. Модель формирования камнесамоцветной минерализации топазо-морионовых пегматитов Волыни (по данным исследования флюидных включений) .....  | 93  |
| Гнидаш Н.В., Раткин В.В., Хетчиков Л.Н. Эволюция флюидного режима формирования Дальнегорского боросиликатного месторождения по данным термобарогеохимии .....   | 96  |
| Прокофьев В.Ю., Иванова Г.Ф., Чласона Д.К., Подлесский К.В. Флюидный режим формирования шевлитовой минерализации рудопооявления Субаш (Северный Кавказ) .....   | 97  |
| Ерохин А.М. Эволюция физико-химических параметров минералообразующей среды при формировании месторождения Иульгин .....   | 99  |
| Стельмачонок К.Э., Ишков Ю.М. Влияние металлоносности палеогидротерм на содержание молибдена в штокерковых рудах и физико-химические условия существования растворов с высокими содержаниями Мо .....   | 100 |
| Василенко В.Н. Газовый состав микровключений и динамика изменений физико-химических параметров колчеданных руд в различных горно-рудных районах Урала .....   | 102 |
| Баранова Н.Н., Козеранко С.В., Колыцов А.Р., Миронова О.Ф., Дарьина Т.Г., Волошик И.Н. О формировании состава азот- и углеродсодержащих флюидных включений на золоторудных месторождениях .....   | 103 |
| Прусак А.М., Иванов П.А., Бицов К.Б. Изменения параметров гидротермальных флюидов в рудовмещающей толще золоторудного месторождения Мурунтау (по данным глубинного бурения) .....   | 104 |
| Иванов П.А., Прусак А.М., Бицов К.Б. Два типа гидротермальных систем золоторудного месторождения Мурунтау .....   | 106 |
| Давиденко Н.М., Сворень И.М., Грешишин Б.И., Сахо Б.Э., Телпко Л.Ф., Литвин И.В., Шашорин Ю.Н., Дручок Л.П. Термобарические и геохимические условия формирования жильной и прожилково-вкрапленной минерализации черносланцевых толщ (на примере Мурунтау) ..... | 107 |
| Пасальская Л.Ф., Калинин А.М., Снисарь В.П., Багмут Н.Н. Состав флюидных включений в кварце золоторудного проявления Украинского щита .....   | 108 |
| Лазаранко Е.Е., Гостяева Р.М. Условия образования золоторудной минерализации в зеленокаменных породах Чертомлыкской структуры (Украинский щит) .....  | 109 |
| Витык М.О., Миронова О.Ф., Скакун Л.З. Газовый состав флюидных включений в кварце Береговского рудного поля (по данным пиролитической газовой хроматографии) .....  | 110 |
| Витык М.О., Демихов Ю.Н., Скакун Л.З. Изотопный состав воды флюидных включений в кварце Береговского рудного поля (Закарпатье) .....  | 112 |
| Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Шумилов И.А. Источники, состав и эволюция гидротерм, сформировавшихся в Воронежском золоторудном месторождении (по результатам изучения $D_{H_2O}$ и изотопов O и C карбонатов) .....  | 113 |

|  |     |
|--|-----|
| Прокофьев В.Ю., Афанасьев З.Б., Иванов Г.Ф. Характеристика рудообразующих флюидов Олимпиадинского Au-Sb-W месторождения (Енисейский край) .....  | 114 |
| Козлов В.В., Смирнова С.К., Замятин Н.И. Оценка условий образования золото-серебряных руд месторождения Чадак (Восточный Узбекистан) по данным изучения флюидных включений и стабильных изотопов .....               | 116 |
| Баранова Н.Н., Дарьина Т.Г., Колпакова Н.Н., Козаренко С.В., Коваленко В.А. О взаимосвязи мышьяка, сурьмы, теллура, сульфидной серы и золота в составе флюидных включений в кварцах золоторудных месторождений ..... | 118 |
| Борисанко А.С., Боровников А.А., Ишков Ю.М. Состав, концентрация и металлоносность рудообразующих флюидов серебро-сурьмяных месторождений Памира .....   | 119 |
| Матвиенко А.Д., Новосельцев Ю.А., Мельничук Э.Р., Сахно Б.Э. Некоторые генетические особенности флюоритовой минерализации Бахтинского рудного поля (Украина) .....   | 120 |
| Полыковский В.С. О температурном режиме и солевом составе растворов, участвовавших в образовании флюорита, пригодного для синтеза оптических кристаллов (на примере месторождения в Тянь-Шане) .....                 | 121 |
| Шейдецкая В.С. Физико-химические условия образования углеводородных включений в галите из каменной соли дёвоне Днепровско-Донецкой впадины .....   | 123 |
| Бушев А.Г., Пеньков В.Ф., Черкашина Н.А., Жуйкова Т.Л. Углеводороды в пегматитовых месторождениях и их поисковые значения .....  | 125 |
| Использование методов термобарогеохимии при поисках, разведке и оценке месторождений полезных ископаемых и для решения других практических задач   |     |
| Комов И.Л. Об использовании декрепитационных исследований при геохимических поисках .....  | 128 |
| Толмачева Е.В., Великославинский С.Л. Опыт применения термобарогеохимических данных при геологическом картировании раннего докембрия (Алданский щит) .....   | 129 |
| Хоменко Ю.Т., Баранов П.Н. Критерии расчленения гранитоидов центральной части Среднеприднепровского блока Украинского щита .....   | 131 |
| Баранов П.Н. Использование включений кварца в геологической практике .....   | 131 |
| Кормушин В.А. Экспрессный минералотермометрический способ поисков скрытых эндогенных руд .....   | 133 |
| Попивняк И.В., Гриб В.П., Гринчук В.И., Глазетских С.П., Ширококов В.Н. Декрепитационность и газонасыщенность пород, перекрывающих кимберлитовые тела .....  | 134 |
| Зорин Б.И. Применение минералогической термобарогеохимии при поисках промышленно-слудноносных пегматитов....   | 135 |

|   |     |
|---|-----|
| Бушев А.Г., Жучкова В.Н., Гусева Н.Н., Пипиленко В.П. Использование ореолов органических соединений при поисках и оценке мусковитовых пегматитов .....  | 136 |
| Зорин Б.И., Настеров Е.Г., Карский Б.Е., Павлов Е.Г., Мельников П.Е., Федоров А.В. Типоморфные особенности кварца из пегматитовых и кварцевых жил Мамской слудноносной провинции как главный критерий оценки качества кварцевого сырья .....  | 137 |
| Макариха С.В., Сафаров Ю.А. Использование вакуумной декрепитации метаморфических пород при прогнозировании вольфрамового оруденения (Центральный Кавказ) .....  | 140 |
| Кузнецов А.Г. Применение методов изучения флюидных включений при детальной разведке полиметаллических месторождений .....   | 141 |
| Блашко В.И. Использование данных декрепитации при поисках редкометалльной минерализации в северо-западной части Украинского щита .....  | 142 |
| Уточкин Д.В. Особенности отроения ореолов пропаривания на примере редкоземельно-редкометалльного месторождения (Украинский щит) .....   | 142 |
| Абдуразаков А.А., Полыковский В.С., Дё Б.П., Манько И.Е., Мешанинов Е.Н., Самолдина Л.Ю., Таджиева А. Термобарогеохимические особенности флюидов, участвовавших в процессе образования рудопроявлений и ореолов пропаривания, вскрытых опорной скважиной А0-2 в Адмалыкском районе (Узбекистан) ..... | 144 |
| Болтенко А.Е., Черненко М.Ю. Локальный прогноз медноколчеданного оруденения на примере моделирования эпигенетических трансформаций рудного поля Зимнего месторождения (Южный Урал) по термобарическим данным .....  | 146 |
| Черненко М.Ю., Болтенко А.Е., Кафтанатий А.Б. Геохимическая специализация зон аномально-термальной пропарки на месторождениях колчеданной формации Южного Урала .....   | 148 |
| Богущ И.А., Болтенко А.Е. Термобарические исследования как составная часть комплекса минералогенетических критериев прогноза и оценки сульфидного оруденения .....  | 150 |
| Ким А.А., Панков В.Ю. Применение данных по исследованию включений в минералах платиновых металлов для определения коренных источников аллювиальных россыпей (центральный Алдан) .....   | 151 |
| Ежизанов В.А., Попивняк И.В., Арифулов Ч.Х. Опыт физико-химического моделирования золоторудных месторождений, локализованных в терригенных углеродсодержащих толщах .....   | 152 |
| Томиленко А.А., Гибшер Н.А., Долгов Ю.А. Оценка потенциальной золотоносности кварцевых жил в черносланцевых толщах термобарогеохимическими методами .....   | 154 |
| Малюк Г.А. Оценка перспективности пород на эндогенное оруденение на основе данных о флюидном режиме .....   | 155 |
| Савельев А.В. Результаты применения методов декрепитации и гомогенизации газовой-жидких включений при изучении золото-полиметаллического рудопроявления Чаирлы (западная часть Гиссарского хребта) .....  | 156 |

|  |     |
|--|-----|
| Жогова Е.И. Термобарогеохимия золоторудного месторождения (Кузнецкий Алатау) .....   | 159 |
| Иппивняк И.В., Карамышева Т.А., Ковалевский В.А., Рогов Ю.Г., Игошин Ю.А., Бухаров В.Я., Гончарук С.Г., Давраенец В.Г., Глянько Н.К. Опыт перспективной оценки глубоких горизонтов некоторых золоторудных объектов Урик-Китойского рудного узла (Восточный Саян) ..... | 161 |
| Грановский А.Г., Грановская Н.Р. Термобарогеохимическое картирование золото-серебряных месторождений с оценкой зональности типов руд .....   | 162 |
| Дудок И.В. Включения углеводородов в жильных минералах флишевых отложений Карпат как показатель нефтегазонасыщенности .....  | 164 |
| Хмелевская Е.В. Прогноз полезных ископаемых в соленосных отложениях Преддобруджья по данным исследования включений в галите .....  | 165 |
| Мельников Е.П., Мельникова Н.И., Бардышевский Л.Л., Киндинов М.Н., Хитаров Д.Н. Особенности образования кварца метаморфогенных и гипотермальных месторождений .....  | 166 |
| Труфанов В.Н., Гамов М.И., Рылов В.Г., Славгородский Н.И. Термобарогеохимические критерии вырсоопасности угольных пластов .....  | 167 |
| Нивин В.А., Икорский С.В., Припачкин Ч.А. Использование информации по геохимии микровключенных газов магматических пород для решения вопросов горно-геологической практики .....   | 169 |
| Бушев А.Г., Хитаров Д.Н., Черкашина Н.А., Жуйкова Т.А. Токсичные вещества в минералах пегматитовых месторождений .....   | 170 |
| Акбаров Х.А., Исламов Ф.И., Полыковский В.С., Полванов А.М., Эгдбердыев Э. Направления развития возможности и опыт использования методов термобарогеохимии в Узбекистане .....   | 172 |
| <b>Методы и аппаратура для термобарогеохимических исследований</b>   |     |
| Верес Г.И., Транквилицкая И.А. Методы определения первичности флюидных включений по адекватности с их ультрамикровключениями .....   | 176 |
| Мергенгов Б.М., Малик Т.П., Раменовский микросонд и его применение для исследования расплавленных включений .....  | 177 |
| Сущевская Т.М., Ерохин А.М., Хитаров Д.Н., Балицкая Л.В. О соответствии химического состава водных вытяжек из включений в минералах составу минералообразующей среды .....   | 179 |
| Косина Т.А., Князева С.Н., Корсакова Н.В., Банных Л.П., Старшинова Н.П., Сущевская Т.М. Новые методические разработки в валовом химическом анализе состава флюидных включений в минералах .....  | 180 |
| Ерохин А.М. Новые методы определения плотности углекислоты по температуре плавления газгидрата и расчета концентрации раствора во флюидных включениях состава $H_2O-CO_2-NaCl$ .....   | 181 |

|  |     |
|--|-----|
| Икорский С.В. Методика хроматографического определения азота в газовой фазе флюидных включений .....   | 182 |
| Миринова О.Ф., Наумов В.Б., Салазкин А.Н. Азот в минералообразующих флюидах. Газохроматографическое определение при исследовании включений в минералах .....       | 183 |
| Ишков Ю.М., Канакин С.В., Барышев В.Б., Золотарев К.В. Анализ флюидных включений в минералах методом РФА-СИ .....  | 184 |
| Сонюшкин В.Е., Хотеев А.Д., Корнетова Е.В. Декрепитация включений в кварце при $\alpha-\beta$ превращениях .....   | 185 |
| Труфанов А.В. Механизм генерации флюидов при полиморфных превращениях минералов по данным вакуумной декрепитации .....   | 186 |
| Миринова О.Ф., Салазкин А.Н. Источники ошибок при деструктивном газовом анализе флюидных включений и пути их преодоления .....                                     | 188 |
| Осоргин Н.Ю. О "выгорании" кислорода при термическом методе дегазации минералов .....  | 189 |
| Томиленко А.А., Крылова В.В., Осоргин Н.Ю., Федорова Е.Н., Курдина Т.И. К проблеме источников летучих в минералах .....  | 190 |
| Комов И.Л. Комплексное применение термобарогеохимических и физических методов при изучении условий образования кварца .....  | 191 |
| Болтанко А.Е., Богущ И.А. Методика интерпретации и типоморфные особенности термобарических характеристик генетических разностей сульфидов железа .....             | 192 |
| Лохов К.И., Козлов А.В., Левский Л.К. Методические вопросы анализа состава флюидных включений при термической активации образца .....                              | 194 |
| Канана Я.Ф. Результаты применения угольного палеотермометра в некоторых районах .....  | 195 |
| Симонов В.А. Особенности исследований флюидных компонентов в минералах мантийных ксенолитов и в магматических стеклах .....  | 196 |
| Зильберштейн А.Х. Новый поляризационно-оптический метод определения температуры и давления образования минералов и пород .....                                     | 197 |
| Ерохин А.М. Расчет мольного объема газовой фазы флюидных включений, содержащих углекислоту, метан и азот .....   | 198 |
| Шмулович К.И. Флюидные фазовые равновесия и их калибровка .....  | 200 |
| Румянцев В.Н., Руднев В.В., Киндинов М.Н. Использование термобарогеохимических исследований при проведении гидротермальных экспериментов (на примере кварца) ..... | 201 |
| Томиленко А.А., Фурсенко Б.А. Фазовые превращения во флюидных включениях при всестороннем сжатии пор до 50 кбар .....  | 202 |

|   |     |
|---|-----|
| Котельникова З.А. Использование синтетических флюидных включений при развитии методов анализа включений ..... | 204 |
| Кормушин В.А. Устройство для теплового воздействия на флюидные включения .....                                | 206 |
| Осоргин Н.Ю., Томиленко А.А. Криокамера .....   | 207 |
| Мельников Ф.П. Раман-спектроскопия флюидных включений .....   | 208 |

Другие аспекты термобарогеохимии

|   |     |
|---|-----|
| Возняк Д.К., Ширица А.С. Диагностическое значение фазовых превращений минералообразующей среды включений ...  | 210 |
| Подгорных Н.М., Ковязин С.В., Базарова Т.Ю. Преобразования минералообразующих сред (как индикаторы посткристаллизационного периода существования пород) ..... | 211 |
| Лукинов В.В., Баранов В.А. Температура изменения формы включений, как индикатор условий преобразования осадочных пород (Донбасс) .....                        | 212 |
| Вовк П.К., Ляхов Ю.В., Попивняк И.В. Условия образования кристаллов кальцита из золоторудных месторождений Забайкалья .....                                   | 214 |
| Козлов А.В., Лохов К.И., Левский Л.К. Особенности флюидных включений кристаллов кварца низкотемпературной генерации .....                                     | 215 |
| Томиленко А.А., Крылова В.В., Флициан Е.С. Расплавление включений в плавленом периклазе как результат несмешиваемости .....                                   | 217 |
| Гамов М.И. Конвективная флюидная система формирования оруденения на Гитчетиринском месторождении .....  | 218 |
| Стельмаченок К.З., Канакин С.В. Зависимость минералогии расплавленных включений (РВ) от водосодержания и состава минерала-хозяина .....                       | 219 |
| Баранов П.Н., Соболев В.В., Хоменко Ю.Т., Сулима Е.В. Включения питающих и минералообразующих сред в кристаллах кварца .....                                  | 220 |
| Тальникова С.Б., Барашков Ю.П., Сворень И.М. Зависимость содержания газов в природных алмазах от наличия в них минеральных включений .....                    | 222 |
| Рафикова Ф.З., Канаев Е.А. Роль углекислоты в процессе образования месторождения <b>сказолита</b> Кукурт (Восточный Памир) .....                              | 223 |
| Сорокин В.И. Роль хлора в образовании гидротермальных рудных формаций (включения в кинозите в <b>обелерите</b> , современные рудообразующие гидротермы) ..... | 225 |
| Мельников Ф.П. Роль углеводородов в <b>эндогенном</b> рудообразовании .....   | 227 |
| Гаранин В.К., Носик Л.П., Касимова Ф.И. Включения в цирконе и <b>345</b> состав циркона из кимберлитовой трубки Мир (малолотубинский район - Якутия) .....    | 228 |

|  |     |
|--|-----|
| Соболев Р.Н., Чжу Юнфан. Изучение расплавно-флюидных включений в минералах Эльджуртинского гранита по вертикальному разрезу .....  | 229 |
| Дарбадаев А.Б. Распределение температур в метасоматитах и прожилках на редкометалльных месторождениях Казахстана .....   | 230 |
| Холоднов В.В. Распределение галогенов между минералами как индикатор режима воды, состава и условий образования гранитоидов Урала .....  | 232 |
| Кожахметов Е.М. Характер распределения хлора в кислых магматических системах .....   | 233 |
| Жуйкова Т.Л., Жуков П.Д., Мурогова Р.Н. Особенности распределения сорбированных газов по разрезу Мурунтауской скважины .....   | 234 |
| Нявин В.А., Балов Н.И. Микровключенные газы и геохимические параметры изверженных пород .....  | 235 |
| Иванова Н.А. Фотодокументация при изучении флюидных включений в минералах .....  | 236 |
| Бакуманко И.Т., Томиленко А.А., Пономаренко А.И. О жидких углеводородных включениях в гранате из кимберлитовой трубки "Мир" .....  | 238 |
| Мельников Ф.П., Лобзова Р.В., Зибарова Т.А., Бражник А.В. Типы и формы проявления битумов и углеводородов на рудных месторождениях .....   | 239 |
| Полыковский В.С., Каменский В.И., Иванова Н.А., Вирогина Р.А. Учебная программа курса повышения квалификации по проблеме: "Термобарогеохимические методы изучения условий образования и прогнозирования постмагматического оруденения" ..... | 241 |
| Сванидзе Э.С. Термобарогеохимия осадочных бассейнов ..   | 243 |

229

Термобарогеохимия геологических процессов

(Тезисы докладов к УШ совещанию  
по термобарогеохимии)

Составители Д.Н.Хитаров, Ф.П.Мельников  
Технический редактор И.Г.Орлова  
Корректор Е.И.Статникова

Подписано в печать с оригинал-макета 03.08.92.

Формат 60×84/16. Бумага картографическая. Печать офсетная

Усл. печ. л. 14,88

Усл. кр.-отт. 15,11

Уч.-изд. л. 14,82

Тираж 250 экз.

Заказ 339

МГП "Геоинформмарк", 109172, Москва, ул. Володарского, 38. Тел. ред. 272-60-11  
Типография ВИЭМС, 123242, Москва, Б. Грузинская, 4/6