

На правах рукописи

ПАХОМОВА ВЕРА АЛЕКСЕЕВНА

**ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ КАК ИСТОЧНИК ГЕНЕТИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ О ПРОЦЕССАХ РУДООБРАЗОВАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)**

Специальность 25.00.11 - геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Владивосток
2003

Работа выполнена в

Дальневосточном геологическом институте Дальневосточного отделения РАН

Научный руководитель

член-корреспондент РАН доктор геолого-минералогических наук А.И. Ханчук

Официальные оппоненты

доктор геолого-минералогических наук Н.А.Горячев (СВКНИИ ДВО РАН) (г. Магадан);
кандидат геолого-минералогических наук Г.С. Рипп (ГИН СО РАН) (г. Улан-Удэ)

Ведущая организация: Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии (ОИГГИМ СО РАН) (г.Новосибирск)

Защита состоится **7 октября 2003 г. (вторник)** в 10 часов на заседании диссертационного совета Д.003.002.01 при Геологическом институте СО РАН, по адресу: 670047, г.Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, в конференц-зале.

Тел. (3012) 43-39-55, 43-30-13

Факс (3012) 43-30-24

E-mail: gin@bsc.buryatia.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Геологического института СО РАН. Адрес . 670047, г.Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

Автореферат разослан « 5 » сентября 2003 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат геолого-
минералогических наук

О.К. Смирнова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Успешное решение многих дискуссионных проблем геологии зависит от возможности получения максимального количества генетической информации, большой объем которой содержат флюидные включения в минералах. Термобарогеохимические методы в мировой геологической науке стали привычным и самым точным научно-исследовательским инструментом, особенно в связи с развитием методов анализа индивидуальных включений, таких как лазерно-спектральный анализ жидкой фазы включений (ЛСА), протон-индуцированная рентгеновская эмиссия (PIXE), масс-спектроскопия с лазерной абляцией (LA-ICPMS) и др.

На примере изучения трех генетически разнотипных и разнометальных месторождений рассмотрены наиболее дискуссионные проблемы теории рудогенеза:

1. проблема образования эндогенных месторождений, обязанных своим происхождением магматогенным флюидам;

2. проблема уровня концентраций металлов, необходимого и достаточного для образования месторождений;

3. проблема исследований физико-химических условий образования месторождений новых и редких минеральных типов.

Традиционно в геологической литературе при изучении «типичных» объектов проводится предварительное сопоставление геолого-генетических особенностей месторождений с известными и хорошо изученными; термин «представительность месторождения» рассматривается как позитивный, дающий основания для использования генетических построений, заложенных предыдущими исследованиями, что совершенно справедливо. Но при этом многие месторождения, которые не относятся к типичным из-за необычности минерального состава руд, или трудностей для объяснения некоторых генетически важных деталей геологического строения, не позволяющих истолковывать их традиционными способами, остаются незамеченными, не принятыми во внимание и, в конечном итоге, не изученными.

Первая проблема. Неоднозначность интерпретации роли гранитоидов в рудообразовании существует даже в отношении наиболее изученных вольфрамовых и молибденовых месторождений грейзеново-жильной группы формаций, закономерный характер связи которых с мезо- и гипабиссальными гранитными интрузиями является эмпирически надежно установленным фактом. Очевидно, что существующих данных об условиях формирования месторождений других, полиминеральных и необычных типов недостаточно, и необходимы новые, которые не допускали бы неоднозначного толкования наблюдаемых фактов.

Вторая рассматриваемая в работе проблема касается уровня концентраций металлов в гидротермах, необходимого и достаточного для образования рудных месторождений, т.е. о границе между просто

«металлоносными» и действительно «рудобразующими» растворами, т.к. происхождение и роль высокометаллоносных растворов в формировании руд в ряде случаев еще не выяснены до конца.

Третья проблема - изучение необычных геологических объектов, уникальных в минералогическом и геолого-генетическом отношении, в вопросах генезиса которых нет полной ясности. Методы термобарогеохимии позволяют и в этом случае получать прямые сведения о минералообразующей среде и физико-химических условиях кристаллизации минералов и пород.

Цель и задачи исследования. Основная цель исследования – выявить дополнительные физико-химические параметры процессов формирования различных месторождений методами термобарогеохимии и продемонстрировать эффективность применения термобарогеохимического анализа для решения проблем рудогенеза. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- изучение специфики эволюции гранитоидной магмы магнетит-серебро-полиметаллического месторождения Фасольное (Щербаковское рудное поле, Приморье), и сопоставление составов магматического флюида и гидротермальных растворов для выяснения роли магматизма в формировании гидротермального оруденения;

- выяснение уровня металлоносности флюидов, ответственных за отложение основного количества минералов Sn в рудных прожилках (на примере месторождения олова Верхнее, Карадубский рудный узел, Хингано-Олонойский район ЕАО);

- сопоставление результатов термобарогеохимических характеристик природной гетерогенной системы и модельного рудообразующего раствора (на примере гельциркон-бадделеитового месторождения Алгама, Алданский щит).

Научная новизна и практическая значимость. Впервые для конкретных дальневосточных месторождений установлены термобарогеохимические признаки рудоносности гранитоидных интрузий, с указанием количественных физико-химических параметров, отражающих общую тенденцию и направленность эволюции магматогенных эманаций. Установлены предельные концентрации профилирующих металлов в палеогидротермах, необходимые для формирования рудных жил (на примере изучения месторождения олова Верхнее, Карадубский рудный узел, Хингано-Олонойский район ЕАО). Показана возможность использования методов термобарогеохимии для исследования месторождений редких и новых минеральных типов (на примере изучения гельциркон-бадделеитовых руд месторождения Алгама и магнетит-серебро-полиметаллического месторождения Фасольное).

Научные результаты, изложенные в работе, рекомендуются к применению при изучении конкретных объектов различной металлогенической специализации для решения вопросов рудообразования и минерагении. Методические подходы, предложенные автором, могут быть использованы для выяснения роли гранитоидов в формировании различных типов

эндогенных рудных месторождений, при исследовании эволюции металлогенности растворов, формирующих месторождения, а также при изучении месторождений редких минеральных типов.

Основные защищаемые положения.

1. Эволюция физико-химических параметров формирования магнетит-серебро-полиметаллического месторождения Фасольное имела единую направленность, которая состоит в следующем: формирование гранитоидного массива происходило при снижении температуры, солёности флюидов и неоднократной гетерогенизации расплава; процесс рудоотложения развивался за счет магматического флюида, эволюционировавшего от магматического дистиллята до гидротермального раствора.

2. Оловорудные ассоциации месторождения Верхнее сформировались в процессе последовательных импульсов флюидного потока. Повышенная кислотность растворов явилась благоприятным фактором для миграции олова в зону рудоотложения. Промышленная оловянная минерализация образована растворами с концентрацией не менее 8 - 13 г/кг. Высокая концентрация рудных элементов в растворах (не менее 0.п – п вес.%) рассматривается как необходимое условие образования богатых руд на месторождениях, формирующихся пульсационным флюидным потоком.

3. Основное отложение руд редкого типа циркониевой минерализации гельциркон-бадделеитового месторождения Алгама происходило из гетерогенного флюида, в интервале температур 360 - 110 °С и давлений 500 – 1000 бар при участии хлоридно-карбонатных растворов, содержащих углекислоту и метан. Возможность кристаллизации бадделеита при этих условиях подтверждена результатами изучения ассоциации циркон-бадделеит-кварц в условиях эксперимента.

Фактический материал и методы исследований. Полученные выводы базируются на изучении материалов, собранных автором и научными сотрудниками ДВГИ ДВО РАН в период 1990 – 2000 г.г. на месторождениях различной металлогенической специализации Дальнего Востока, а также в районах развития рудоносных и ординарных гранитоидов Приморья. Основу работы составляют результаты геолого-минералогических и термобарогеохимических исследований автора на трех типовых объектах: магнетит-серебро-полиметаллическом месторождении Фасольное, месторождении олова Верхнее (Хингано-Олонойский рудный район ЕАО), гельциркон-бадделеитовом месторождении Алгама (Алданский щит).

В качестве основного исследовательского инструмента, наряду с традиционными геологическими, петрографическими и минералогическими методами, в работе использованы методы термобарогеохимии, включающие волюмометрию, гомогенизацию, криометрию, декрепитацию, лазерно-спектральный анализ жидкой фазы включений, экспериментальное моделирование.

Основные защищаемые положения сформулированы по результатам как проведенных лично автором, так и совместных исследований, опубликованным в статьях и тезисах. Научные задачи исследования и основные подходы к их решению намечены совместно с научным

руководителем А.И. Ханчуком, зав. лабораторией Б.Л. Залищакон, профессором Л.Н. Хетчиковым, докторами геолого-минералогических наук А.М. Ленниковым, П.Г. Недашковским, В.В. Раткиным, В.Г. Хомичем. Исследование металлоносности палеогидротерм месторождения Верхнее проведено благодаря инициативе и содействию д.г.-м.н. Ф.Г. Рейфа (ГИН СО РАН), моделирование рудообразующего раствора в случае ассоциации гальцирон-бадделейт-кварц, по результатам термобарогеохимических исследований природной гидротермальной системы месторождения Алгама осуществлялось к.х.н. В.С. Коржинской в ИЭМ РАН. Разработка конкретных способов исследования и их практическая реализация осуществлены лично автором. В ходе исследования просмотрено около тысячи пластин и столько же шлифов, в термо- и криометрических опытах изучено около восьмисот флюидных включений. Для лазерно-спектрального анализа подготовлено 20 серий (анализов) общей численностью 180 включений.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на конференции по проблеме "Рудные месторождения Дальнего Востока - минералогические критерии прогноза, поиска и оценки" (Владивосток, 1991), на VIII Международном совещании "Термобарогеохимия геологических процессов", (г. Москва, 1992), на секции "Петрология и рудообразование" 1-го Российского Петрографического совещания "Магматизм и геодинамика" (Уфа, 1995), на IX Symposium of International Association on the genesis of ore deposits, (China, 1994), European Current Research on Fluid Inclusions), (Nancy. France, 1997), на заседании конференции «Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов России в 21 веке» (г. Москва, 1998), на IX международной конференции по термобарогеохимии (г. Александров, 2001), а также на научных сессиях в ДВГИ РАН в период с 1991 по 2003 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 32 работы (26 статей и 6 тезисов), список которых приводится в конце реферата.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из 4 глав, Введения и Заключения, имеет общий объем 168 страниц, 9 таблиц, 17 иллюстраций, 26 фотографий. В списке литературы 188 источников.

Благодарности. На всех этапах выполнения работы автор ощущал поддержку со стороны научного руководителя, директора института, члена-корреспондента РАН А.И. Ханчука, заведующего лабораторией, соратника и соавтора Б.Л. Залищака, профессора Л.Н. Хетчикова, докторов геолого-минералогических наук А.М. Ленникова, П.Г. Недашковского, В.В. Раткина, В.Г. Гоневчука. Исследование металлоносности палеогидротерм оловорудного месторождения Верхнее (Хингано-Олонойский рудный район) стало возможным благодаря инициативе и содействию д.г.-м.н. Ф.Г. Рейфа (ГИН СО РАН), к.т.н. Ю.М. Ишкова, к.г.-м.н. Стельмачонка К.З., а также их активному участию в обсуждении результатов и постоянным научным консультациям. Создание приборной базы для термометрических опытов и градуирование приборов проводилось при постоянном участии и научных консультациях сотрудника лаборатории физической геохимии и геохимии процессов рудообразования ИГЕМ РАН к.г.-м.н. А.Д. Бабанского. Анализы закаленных

микровключений выполнялись М.И. Лапиной в лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ РАН. Первые уроки грамотного проведения термометрических опытов методом гомогенизации соискатель получил в лаборатории Д.Н.Хитарова (ВИМС), под руководством к. г-м. н.М.Н. Кандинова, методику криометрии флюидных включений осваивал при участии одного из его авторов, разработавшим метод определения эвтектики растворов, д.г.-м.н. А.С.Борисенко и сотрудников лаборатории гидротермального рудообразования и металлогении Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН. Гранитоиды и руды месторождения Фасольное, рассмотренные в работе, изучались в тесном сотрудничестве с к.г.-м.н. В.К.Поповым на предоставленных им геологических материалах. Моделирование рудообразующего раствора в лабораторных условиях ассоциации гельциркон-бадделейт-кварц по результатам термобарогеохимических исследований природной гидротермальной системы месторождения Алгама осуществлялось к.х.н. В.С. Коржинской в ИЭМ РАН. До конца своей жизни активное участие в диагностике минеральных фаз и анализа состава включений посредством микрозондового анализа принимал к.г.-м.н. В.И. Сапин. Аналитические работы (химические, спектральные анализы, газовая хроматография) в лабораториях ДВГИ выполняли Т.К. Бабова, Л.И. Азарова, З.С. Натарева, Л.В. Недашковская, В.Г. Коханова, Е.С. Ермоленко и Н.П. Коновалова. Большую помощь в оформлении работы оказали коллеги по лаборатории - В.Б. Тишкина и Э.Г. Одариченко, а также заведующая лабораторией компьютерных технологий ДВГИ ДВО РАН к.г.-м.н. В.В. Наумова с сотрудниками этой лаборатории С.В. Михайловой и А.М. Корешковым. Автор считает приятным долгом выразить всем вышеназванным коллегам искреннюю благодарность.

ГЛАВА 1. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В главе содержатся общие сведения о включениях и современных методах их исследований (литературный обзор), обоснование представительности или специфичности объектов исследования: месторождений, прожилков, включений. Рассматриваются методы и аппаратура, использованные в ходе исследований включений, основы и принципы интерпретации полученных результатов.

На основе литературного обзора, а также собственных наблюдений изложены принципы повышения надежности результатов определения физико-химических параметров минералообразования и критерии выбора включений для термометрических опытов: 1) представительность включения - включение должно быть первичным, или его формирование должно быть приурочено к определенному этапу (эпизоду) минералообразования в данной системе; 2) отсутствие вторичных изменений; 3) достаточная удаленность от поверхности зерна; 4) определение гомогенности (или гетерогенности) системы. Особое внимание уделяется решению вопроса о представительности исследуемых включений, выяснению частоты их встречаемости, типоморфности или экзотичности тех или иных включений в

онтогении минерала, так как информативность и надежность получаемых данных определяется не столько количеством групп изученных включений, сколько обоснованностью их привязки к определенным эпизодам магматического и гидротермального процессов.

Обсуждаются принципы выбора объектов исследований и их геолого-минералогические особенности. Для выяснения характера связи между гранитоидами и ассоциированными с ними рудными телами в работе рассматривается магнетит-серебро-полиметаллическое месторождение Фасольное (Щербаковское рудное поле, Приморье), которое по некоторым признакам (минеральный состав руд, гранитоидов) специфично.

Для решения вопроса об уровне концентраций рудных элементов в гидротермах для образования промышленных месторождений в работе рассматривается месторождение олова Верхнее (Хингано-Олонойский район, ЕАО). Обоснована представительность месторождения Верхнее как эталонного объекта среди штокверково-жильных месторождений грейзеново-жильной рудной формации, показаны отличия рассматриваемого объекта от известного и хорошо изученного Хинганского месторождения. Отмечено, что пока это единственный дальневосточный объект, по которому удалось получить данные о металлоносности руд методом лазерно-спектрального анализа жидкой фазы включений.

Выбор третьего объекта исследований, рассматриваемого в работе, обусловлен интересом, возникшим в связи с изучением новых минеральных видов, в частности, вольфрам-циркониевых руд, представленных тонкодисперсными бадделейтом и цирконом, залегающих в доломитовых мраморах вендского возраста на севере Алданского щита (месторождение Алгама). Формационная самостоятельность этого генетического типа (новый бадделейт-гельцирконовый гидротермальный генетический тип циркониевых месторождений) подкреплена еще лишь двумя месторождениями в мире.

Подчеркивается важная роль экспериментальных исследований [Когарко, 1995; Рябчиков, 1985; Граменицкий и Щекина, 1993; Котельникова, 1986-2001] для развития метода термобарогеохимии, особенно в связи с получением данных о поведении сложных в химическом отношении многокомпонентных систем в широком диапазоне температур и давлений, отвечающих магматическим и гидротермальным процессам [Котельникова, 2001]. Определение составов фаз, возникающих при гетерогенизации флюида, имеет важное значение, поскольку является основой для вывода о существовании условий несмесимости в природных условиях при изучении флюидных включений.

Обсуждаются особенности интерпретации термобарогеохимических данных, которые имеют существенное значение для обоснования последующих выводов, в частности: особенности образования первичных включений при гетерогенном состоянии минералообразующей среды, пределы вариаций водосодержания гранитных магм, способ определения C_{H_2O} в РВ, впервые детально обоснованный В.Б. Наумовым [Наумов, 1979, 1980], диаграмма фазового состояния лейкогранитной системы, построенной по экспериментальным и расчетным данным [Рейф, 1990].

ГЛАВА 2. ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАГНЕТИТ-СЕРЕБРО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФАСОЛЬНОЕ (ЩЕРБАКОВСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ, ПРИМОРЬЕ) И ПРОБЛЕМА РУДОНОСНОСТИ ГРАНИТОИДНЫХ ИНТРУЗИЙ.

В главе содержится описание геологического строения месторождения Фасольное, результаты химического и микроэлементного состава пород, их петрографические особенности. Приведена последовательность формирования рудных ассоциаций. Обсуждаются результаты термобарогеохимической реконструкции эволюции параметров рудно-магматической системы и некоторые вопросы характера связи магматизма и оруденения.

Магнетит-серебро-полиметаллическое месторождение Фасольное расположено в пределах Щербаковского рудного поля, приуроченного к поднятому блоку юрских–раннемеловых вулканогенно-осадочных образований, выступающему среди позднемеловых–палеогеновых эффузивов Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. В пределах рудного поля широко развиты дайки базальтов, андезибазальтов [Классификация..., 1997] и долеритов, генетически связанные с субинтрузиями синанчинского вулканического комплекса. На южном и юго-западном участках рудного поля закартированы небольшие (0.8×1 км) штоко- и дайкообразные тела гранит-порфиоров дальнегорского (?) интрузивного комплекса, являющиеся апикальными выступами единой батолитоподобной интрузии [Шевелев, 1994г.].

Согласно новой тектонической карте Приморья [Голозубов и др, 1995], построенной на основе концепции террейнов, и палеогеодинамическому анализу, интрузивные образования месторождения Фасольное принадлежат к субдукционному типу гранитоидов, для которых характерны процессы контаминированности субдукционных магм коровым материалом. Важной характеристикой всех субдукционных гранитоидов считается их принадлежность к магнетитовой серии и, соответственно, высокие значения магнитной восприимчивости – от 1000 до 10^{-5} СИ.

Интрузии чаще всего представляют собой небольшие штоки и линейные трещинные тела, располагающиеся либо в зонах кальдерных разломов, либо в основаниях вулканических сооружений. Большинство интрузий имеет двухфазное строение. К первой фазе относятся габбро и диориты, ко второй - гранодиориты и граниты. В пределах фаз между отдельными разновидностями во многих случаях наблюдаются постепенные переходы. В целом породы комплекса образуют нормальный гомодромный ряд дифференциатов габбро-диорит-гранит. Минералогической особенностью дальнегорских гранитоидов является большое количество акцессорного магнетита.

Породы гранитного массива на площади месторождения характеризуются сложными фаціальными переходами: гранит-порфиры, лейкократовые пегматоидные граниты, порфиroidные граниты, с

изменчивой текстурой и структурой, наличием шширообразных гранитизированных обособлений пород кровли и повышенным содержанием SiO_2 и щелочей.

Гранит – порфиры и порфирировидные граниты характеризуются гранофировой (участками пегматитовой) структурой основной массы и порфирировидными выделениями кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза. Темноцветные минералы неустойчивы и замещаются эпидотом и магнетитом, часто содержат эпидот-магнетитовые прожилки и гнездообразные выделения, иногда в значительных количествах. В лейкократовых гранитах отмечаются гематит-магнетитовые (с эпидотом, гранатом, кварцем) обособления, ассоциирующие с более поздними прожилками кварц-гематит-магнетитового состава. Жильные дериваты комплекса представлены единичными дайками гранит-порфиров и риолитов, протяженностью от сотен метров до 2.5 км и мощностью от 1 м до нескольких десятков метров.

Минеральный состав руд месторождения характеризуется резким преобладанием в них магнетита. Отдельные жилы выполнения разной мощности (до 3 метров) нацело (80 – 90%) сложены мелко- и тонкозернистым магнетитом черного цвета, в котором основные рудные компоненты – галенит и сфалерит – распределены в форме линз, неправильной формы гнезд, прерывистых линзообразных полос. Руды характеризуются многокомпонентным составом, с преобладанием магнетита, сфалерита, галенита; второстепенными считаются пирит, халькопирит, пирротин, станнин. Из жильных минералов по степени распространения установлены: кварц, полевые шпаты, хлорит, эпидот, флюорит, кальцит. В знаковых количествах обнаружены марказит, мельниковит, тетраэдрит, ковеллин, борнит, халькозин, стефанит, пираргирит, акантит, фрейбергит, полибазит, арсенопирит, галеновисмутин, киноварь, золото.

Включения минералообразующих сред изучались в кварце вкрапленников и основной массы гранит-порфиров, лейкократовых пегматоидных гранитов, а также в гидротермально-метасоматических образованиях, представленных гнездообразными обособлениями состава кварц-эпидот-магнетит-гематит-гидрогранат, и в кварце рудных прожилков кварц-сульфидной ассоциации. По данным исследований интрузивных пород установлено:

Раннемагматическая стадия ограничена температурными границами 840 - 850°C, вариации флюидного давления составляли от 2000 до 3500 бар; условия кристаллизации расплава на заключительных этапах характеризуются температурами 740-765°C и давлением около 2000 бар. Исходное содержание воды в расплаве гранит-порфиров составляло от 3 (центральные участки вкрапленников кварца в гранит-порфирах) до 5% (периферические участки вкрапленников кварца) и постепенно повышалось, достигнув на позднемагматической стадии (в кварце лейкократовых гранитов) 6,8%. Дегазация расплава носила пульсационный характер и происходила многократно, на что указывает преимущественная приуроченность сопутствующих включений к отдельным зонам роста кварца, а также вариации флюидного давления.

Таблица 1

Результаты термобарогеохимического изучения включений в кварце месторождения Фасольного

Порода, генерация кварца	Облик, тип включения	Термобарогеохимические характеристики				
		$T_{\text{гом.}}$, °C $T_{\text{фл.}}$	$T_{\text{эвт.}}$, °C	Состав раствора катионы(газ) анионы	Концентрация солей, мас.%	$P_{\text{фл.}}$, бар
Гранит-порфиры (вкрапленники), ранне-магматическая	 ПР	<u>205-245</u> 840-850	не опр.	не опр.	не опр.	2000
	 CF	520-550	-60.7 -59.5	$\frac{Na\ K\ Ca\ Fe(CO_2)}{Cl\ F(?)}$	<50	3000
Лейкократовые граниты с пепматитовой структурой, поздне-магматическая	 ПР	<u>260-300</u> 740-765	-60.5 -58.5	$\frac{Na\ K\ Ca\ Fe(CO_2)}{Cl\ F(?)}$	50	3500
	 CF	<u>520-550</u> (>700)				
	 CF					
Кварц-магнетитовые обособления в лейкократовых гранитах, поздне-магматическая	 ПФ	<u>335-340</u> 480-520*	-59.7 -56.9	$\frac{Na\ K\ Ca\ Fe}{Cl}$	35	1200
	 ПФФ	<u>28(CO₂)</u> 340-360				
Кварц рудных жил сульфидной ассоциации	 ПФ	220-240	-58.5 -56.9	$\frac{Na\ Ca}{Mg(CO_2)} Cl$		500-700
	 ВФ	не опр.	-36,5 -34,0	$\frac{Na\ Fe(CO_2)}{Cl}$	не опр.	не опр.

Примечание: ПР – первичные расплавы;

CF – сопутствующие флюидные;

ПФ – первичные флюидные;

ПВФ – первично-вторичные флюидные;

 - гидрогранат;

 - галит.

Минералообразующая флюидная система периода формирования кварц-магнетит-гематит-эпидот-гидрогранатовых обособлений в лейкократовых гранитах ($T_{\text{гом}} 520-360^{\circ}\text{C}$) была также высококонцентрированной (35 мас.% экв. CaCl_2), находилась под давлением 1200-800 бар и эпизодически функционировала при гетерогенизации водно-углекислотного раствора. Криометрическое изучение солевого состава включений из кристаллов кварца, имеющих индукционные грани роста с рудным минералом, показало, что по основным параметрам они не отличимы от сопутствующих расплавленным включений в кварце лейкократовых гранитов.

Дальнейшее преобразование физико-химической системы в процессе формирования руд сульфидной ассоциации, с которой связано отложение сфалерита, галенита, халькопирита, станнина и золота, привело к изменению температуры ($240-220^{\circ}\text{C}$), давления (500-700 бар), и концентрации соли (20-25 мас.% экв. CaCl_2). Сопоставление криометрических характеристик солевого и газового состава гидротермальных растворов и магматического дистиллята обнаруживает их соответствие, что свидетельствует о решающем вкладе магматогенных флюидов в формирование гидротермальной системы (табл. 1).

ГЛАВА 3. ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЛОВА ВЕРХНЕЕ (КАРАДУБСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ, ХИНГАНО-ОЛОНОЙСКИЙ РАЙОН ЕАО) И ПРОБЛЕМА МЕТАЛЛОНОСНОСТИ ПАЛЕОГИДРОТЕРМ.

В главе содержится описание истории исследований месторождений Хингано-Олонойского района и особенностей геологического строения месторождения Верхнее. Приведена последовательность формирования минеральных ассоциаций месторождения на одном из горизонтов, являющаяся основой термобарогеохимической реконструкции эволюции состава и температуры палеогидротерм в период многостадийного рудообразования.

В основе термобарогеохимической реконструкции эволюции параметров гидротермального рудообразования лежит исследование разновременных индивидуальных флюидных включений, синхронизированных с определенными периодами минералообразования в разносистемных прожилках. Кроме стандартных термо- и криометрических методов, использовалась методика лазерно-спектрального анализа.

Для трех минеральных ассоциаций месторождения Верхнее установлена последовательность минералогических событий, сопровождавшихся образованием флюидных включений (ФВ) в минералах. Воссозданная на этой основе эволюция параметров гидротермального процесса (температура, соленость растворов, концентрация в них ряда металлов, (рис. 1, табл. 2) позволяет сделать следующие выводы.

1. Рассматриваемые ассоциации сформировались в процессе последовательных импульсов флюидного потока; в начале каждого импульса температура повышалась, но основная масса новообразованных минералов отлагалась на фоне последующего понижения температуры.

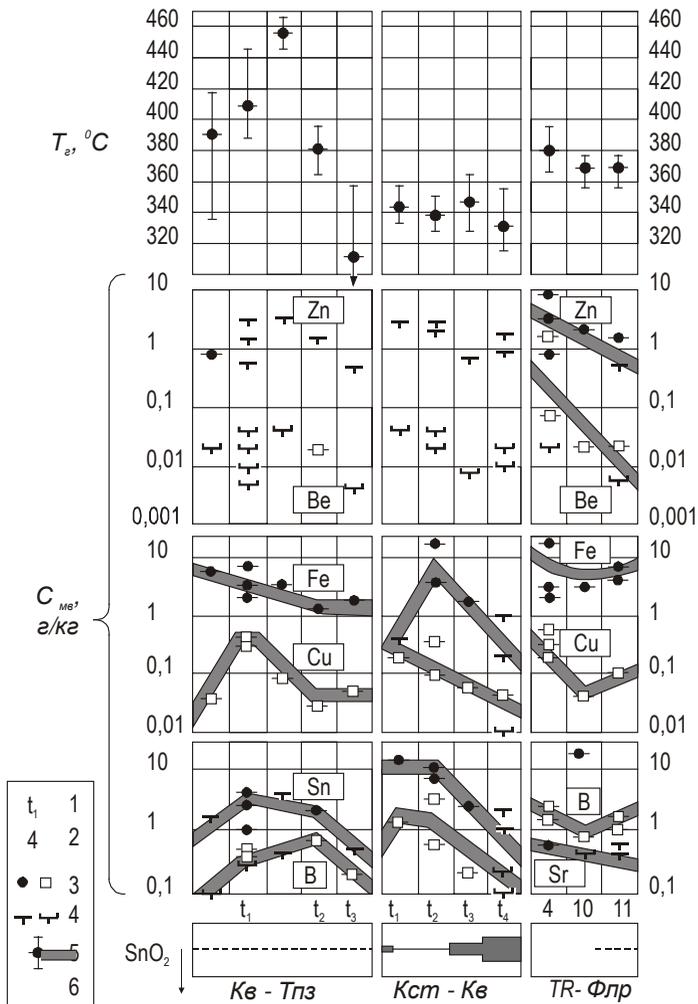


Рис. 1. Изменение температуры, металлоносности растворов последовательных импульсов и относительного количества осажденного касситерита: 1 - периоды формирования минеральных ассоциаций; 2 - номера зон роста кристаллов флюорита; 3 - установленные значения концентрации элементов; 4 - рассчитанный верхний предел возможных концентраций элементов, которые анализом "не обнаружены"; 5 - диапазон Тг включений данного типа и среднее значение; 6 - тренды изменения параметров (схематично).

Таблица 2

Результаты лазерно-спектрального, термо- и криометрического изучения флюидных включений в минералах кварц-топазовой (Кв-Тпз), касситерит-кварцевой (Кст-Кв), редкоземельно-флюоритовой (ТР-Флр), кварц-сфалеритовой (Кв-Сфл) ассоциаций.

Ассоциации	T _f , °C	NaCl, мас.%	T _о , °C	Концентрация, г/кг раствора									Прочие, качественно
				Sn(1,2)	Cu(1,5)	Fe(1,6)	Mn(1,8)	B(1,6)	Zn(1,7)	Be(1,5)	Mo(2,0)	Al(1,6)	
Кв-Тпз	400	46	-58,9	<1,6	0,04	5,7	1,3	<0,1	0,8	<0,02	<0,6	-	Ti
	442	44	-63,8	4,0	0,4	2,2	0,8	0,4	<1,5	<0,02	<0,7	20,0	Ti, Ca, Mg
	400	43	-63,8 ^x	2,6	0,5	7,2	5,4	<0,3	<1,4	<0,01	<0,6	110,0	Ca
	464	32	-61,3	<4,5	0,09	3,8	1,7	<0,4	<3,6	<0,04	<1,8	28,0	Ti, Ca, Mg
	363	28	-70,4	2,1	0,03	1,2	1,5	0,7	<1,4	0,2	<0,7	42,0	Ca, Mg
356	-	-8,3	<0,5	0,06	1,8	<0,005	0,2	<0,5	<0,004	<0,2	13,0		
Кст-Кв	398	37	-69,6 ^x	1,0	0,4	3,6	1,7	0,5	<0,6	<0,005	<0,2	17,0	Ca
	388	37	-69,6	<4,0	**	1,6	<0,8	<0,3	<3,2	<0,04	<1,6	16,0	Ti, Ca
	353	34	-69,1 ^x	13,0	0,2	<0,4	<0,7	1,2	<2,9	<0,04	<2,9	<1,8	Mg
	344	-	-66,9	11,0	0,1	14,0	4,6	3,3	<2,5	<0,02	<1,0	<1,2	Ca, Mg
	347	24	-67,0	8,1	0,4	3,6	<0,7	0,6	<2,9	<0,04	<1,4	<1,8	Ti
	340	15	-40,6	2,3	0,06	1,6	0,5	0,2	<0,7	<0,008	<0,3	<0,4	Ca
	339	6,8	-25,8	<1,1	0,05	<1,1	<0,2	<0,09	<0,9	<0,01	<0,4	12,0	Ti
340	-	-25,0 ^x	<2,0	<0,008	<0,2	<0,4	<0,2	<1,6	<0,02	<1,6	<1,0		
ТР-Флр	380	37	-69,9	**	0,6	3,0	2,0	2,4	3,0	1,9	<0,2	11,0	Mg
	380	42	-69,9	<2,0	0,3	16,0	2,3	1,4	8,7	<0,02	<0,8	<1,0	Ti
	365	42	-70,0	0,5	0,2	2,0	1,2	0,3	0,8	0,07	<0,06	<0,08	Ti
	368	25	-71,2	<0,4	0,04	3,1	2,3	0,8	2,1	0,02	<0,2	<0,2	
	357	26	-71,0	<0,6	**	6,5	2,0	1,7	<0,5	<0,006	<0,2	<0,3	
358	26	-71,0	<0,4	0,1	3,7	1,9	1,1	1,3	0,02	<0,1	<0,2		
Кв-Сфл	415	37	-	<2,1	0,07	<0,4	<0,02	1,0	<2,1	<0,02	<0,8	14,0	Bi, Ca,
	344	34	-	<1,1	0,1	0,7	<0,2	0,4	<0,9	<0,01	<0,9	-	Al, Mg
	357	-	-	<0,3	<0,001	<0,03	<0,06	<0,03	<0,3	<0,003	<0,3	-	As, Al, Mg

*Примечание к табл. 2. * - номер зоны роста; # - предположительно соответствуют типу 2-3, прочерк (-) - данные отсутствуют, ** - аналитическая линия элемента в спектре перекрывается другими линиями; (°) - значение получено по другому включению этого же типа. Концентрация NaCl определена по температуре растворения галита - гидрогалита без учета присутствия в растворе других солевых компонентов. В колонке (T₃) приведены средние значения замеров. В первой строке таблицы рядом с символами элементов указано значение стандартного множителя.*

2. В периоды, предшествовавшие началу подтока метеорных вод, концентрация Sn в растворах трех последовательных импульсов составляла 1-4, 8-13 и $\leq 0,5$ г/кг соответственно, но первый и третий импульсы породили лишь непромышленную оловянную минерализацию; промышленные руды образованы растворами второго импульса.

3. Значительную часть периодов фильтрации растворов через исследованное сечение трубки даже наиболее высокометаллоносные из них были не насыщены относительно SnO₂, что, согласно криометрическим данным, обусловлено их повышенной кислотностью (наличие HF и (или) HCl во включениях "свежих" растворов). Начало массового отложения касситерита совпадает с появлением признаков притока слабоминерализованных, вероятно, метеорных высокоокисленных вод, поэтому зона смешения рассматривается как Eh-барьер, а его нисходящее движение по мере падения давления во флюидном потоке - как причина вертикальной протяженности оруденения.

4. Высокая концентрация рудных элементов в растворах является решающим условием образования богатых руд на месторождениях, формирующихся пульсационным флюидным потоком (к ним относятся многие плутоногенные месторождения). Сопоставление полученных данных с опубликованными позволяет считать, что вышеприведенные оценки применимы к большинству плутоногенных месторождений.

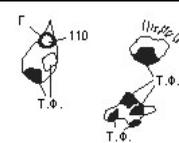
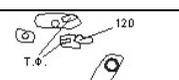
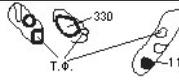
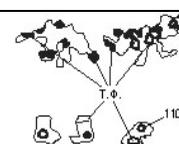
ГЛАВА 4. ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕЛЬЦИРКОН-БАДДЕЛЕИТОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛГАМА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ) И ПРОБЛЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ТИПОВ

В главе приведены сведения о необычной циркониевой минерализации, относящейся к новому перспективному типу полезных ископаемых, выявленной в 1985 году в Аяно-Майском районе Хабаровского края в карбонатной толще юдомской серии (венд) в обрамлении известного Ингилийского щелочно-ультраосновного массива (Ингилийская купольная структура).

Неоднозначность интерпретации геологической позиции месторождения, специфика геологического строения (характер вмещающих пород, субгоризонтальное залегание рудных тел, относительная удаленность от магматических образований) приводили различных авторов к

Таблица 3

**Термо- и криометрические характеристики жильного кварца из
гельцирон-бадделеит-кварцевых руд**

№ обр.	Краткое описание образца	T _{звт.} °C	Состав раствора по эвтектической температуре	Типичный облик включений	T _{гом.} °C
1	Среднезернистый агрегат кварца гексагонально-призматического облика, вокруг которого видны зоны роста (факелы)-различные уровни перекристаллизации.	-53 -100 - -110 -38 -11	$\text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_2 + \text{CH}_4^*$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{KCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$		
	Средняя часть кристалла, в зоне роста.	-100 - -110 -38 - -37 -55	$\text{CO}_2 + \text{CH}_4^*$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$		110 160
2	Верхняя часть (головка) кристалла	-55 -37 - -38 -21	$\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$		240
3	Верхняя часть (головка) зонального кристалла	-55 - -53 -24	$\text{CaCl}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NaCl} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$		
4	Прожилок бадделеита в полигональном кварце	-35.5- -36.5	$\text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$		240- 250 145- 130
5	Средняя часть зонального кристалла кварца, зона роста трассируется выделениями бадделеита	-55	$\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$		340 360 170
6	Гидротермальная брекчия. Обломок зонального кварца, зона роста трассируется выделениями бадделеита	-24 - -22 -11 -4 - -2	$\text{NaCl} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$		

Примечания: * - в газовой фазе включений;
г - газ;
т.ф. - твердая фаза;
110 - температура частичной гомогенизации;



50 МКМ

противоречивым выводам, в частности, о генезисе месторождения, возрасте оруденения и многих других принципиальных вопросах (Багдасаров, 1994; Некрасов, 1994).

Направление и методика исследований циркониевой минерализации в начальный период основывались на представлениях об исключительно бадделеитовом составе руд, о единстве тел «рыхлых» и «твердых» руд и их стратиформном (осадочном), пластовом, согласном залегании, о вмещающих карбонатных породах как нормально осадочных, преобразования в которых обусловлены исключительно аутигенными и диагенетическими процессами. Подразумевалось, что Ингилийский массив, как доюдомский, мог служить лишь поставщиком циркония в процессе эрозии, размыва и переотложения продуктов его разрушения. Однако в ходе проведения поисковых и разведочных работ и наших исследований эти первоначальные исходные положения не подтвердились.

Исследованиями тонкодисперсных руд гельциркон-бадделеитовых руд методами термобарогеохимии установлены параметры рудообразования из высококонцентрированного гетерогенного флюида, в интервале температур 360 - 110 °С и давлений 850 – 1000 бар при участии хлоридно-карбонатных растворов, содержащих углекислоту и метан (табл. 3). Гетерогенные системы, возникающие при нарушении фазовых равновесий в природных растворах, недостаточно исследованы экспериментально. Наличие неопределенностей относительно самой возможности существования подобных систем, различия в составе природных флюидов и применяемых модельных диаграмм вызвали необходимость экспериментальной проверки, в основу положена количественная информация о параметрах процесса (температуре, составе, давлении), установленных термобарогеохимическими методами. Экспериментальное подтверждение свидетельствует о корректности сделанных выводов и целесообразности применения методов термобарогеохимии для изучения сложных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обсуждается значение полученных методами термобарогеохимии данных для решения проблем рудогенеза. В представленной работе на примере изучения трех генетически разнотипных и разнометалльных месторождений рассмотрены наиболее важные проблемы рудогенеза:

1) проблема образования эндогенных месторождений, обязанных своим происхождением магматогенным флюидам;

2) проблема уровня концентраций металлов, необходимого и достаточного для образования месторождений;

3) проблема исследований физико-химических условий образования месторождений новых и редких минеральных типов.

Основные результаты, полученные при изучении условий образования рассмотренных месторождений, сводятся к следующему.

1. При исследовании рудно-магматической системы для выяснения относительной роли гранитоидов в формировании гидротермального

оруденения (на примере магнетит-серебро-полиметаллического месторождения Фасольное) установлено, что, несмотря на своеобразие месторождения, которое проявляется как в составе рудных ассоциаций (совместимость разнометалльного оруденения и отложение магнетита одновременно с галенитом и сфалеритом), так и в особенностях состава лейкогранитов месторождения Фасольное – наличие значительного количества (первые проценты) магнетита при полном отсутствии темноцветных минералов, основные закономерности развития магматической системы согласуются с основными положениями ортомагматической концепции.

Эволюция физико-химических параметров формирования магнетит-серебро-полиметаллического месторождения Фасольное имела единую направленность, которая состоит в следующем: формирование гранитоидного массива происходило при снижении температуры, солёности флюидов и неоднократной гетерогенизации расплава; процесс рудоотложения развивался за счёт магматического флюида, эволюционировавшего от магматического дистиллята до гидротермального раствора.

2. Вторая рассматриваемая в работе проблема касается уровня концентраций металлов в гидротермах, необходимого и достаточного для образования рудного месторождения, т.е. о границе между просто «металлоносными» и действительно «рудообразующими» растворами.

Установлено, что изученные ассоциации сформированы дискретными импульсами флюидного потока, разделёнными периодами остывания разогретых пород в условиях притока слабоминерализованных метеорных (?) вод.

Несмотря на близость общего состава, растворы отдельных импульсов различаются концентрацией ряда рудных элементов. Промышленное оруденение образовано растворами с наибольшей концентрацией Sn (8-13 г/кг против 1-4 и 0,5 в растворах до- и пострудной стадий), причём на изученном уровне отложение основной массы касситерита произошло в связи с уменьшением растворимости SnO₂, вызванным притоком метеорных вод при снижении давления в напорном потоке эндогенных флюидов. Данные о концентрациях рудных элементов служат дополнительным аргументом в пользу актуальности поисков механизмов и факторов, существенно влияющих на распределение металлов между флюидом и расплавом.

3. Исследованиями тонкодисперсных гельциркон-бадделеитовых руд методами термобарогеохимии установлены: температурный интервал их формирования, который составляет 370 - 110 °С, состав растворов (галогены с преобладанием катионов Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ и Fe⁺⁺), высокие (40-35 масс.%) концентрации растворов, неоднократное изменение агрегатного состояния растворов в интервалах 370 - 340; 250 - 240 °С. Рудообразование происходило при участии хлоридно-карбонатных растворов, содержащих уголекислоту и метан.

В результате проведенных исследований установлен ряд физико-химических параметров формирования оруденения, которое в том или ином

отношении отличается от типичных месторождений такого же рудного профиля, и поэтому слабо изучено. Полученные данные дополняют и уточняют представления о процессах, связанных с рудообразованием, а также способствуют решению проблем рудогенеза.

Список основных публикаций по теме диссертации

1. Пахомова В.А., Руб А.К., Хетчиков Л.Н., Руб М.Г. Особенности флюидной фазы расплавов редкометалльных гранитов Центрального Сихотэ-Алиня // Изв. АН СССР, 1992, №4, с. 64-73.

2. Пахомова В.А., Хетчиков Л.Н., Гвоздев В.И. О составе флюидной фазы редкометалльных гранитов Приморья по данным изучения включений в кварце методом криометрии. Тихоокеанская геология, 1991, №2, с. 99-103.

3. Хетчиков Л.Н., Говоров И.Н., Пахомова В.А., Андросов Д.В. Новые данные о генезисе литий-фтористых гранитов // ДАН. Т. 322, 1992 №6. С.1158-1161.

4. Хетчиков Л.Н., Раткин В.В., Пахомова В.А., Демашев С.Б. Эволюция флюидного режима формирования рудно-магматической системы (на примере Хинганского оловорудного месторождения) // ДАН, т.333, 1993, №3, стр.352-355.

5. Ленников А.М., Никольский Н.С., Пахомова В.А., Октябрьский Р.А., Коновалова и др. Флюидный режим формирования ультрабазитов Кондерского щелочно-основного массива. // Тихоокеанская геология, 1993, №2 С.109-118.

6. Рейф Ф.Г., Прокофьев В.Ю., Боровиков А.А., Стельмачонок К.З., Пахомова В.А. и др. О концентрации металлов в рудообразующих растворах // ДАН, т. 325, 1992, №3, с.585-589.

7. Пахомова В.А., Беляева В.Р., Логвенчев П.И. Рудоносность кислых магм на примере рудно-магматической системы серебро-полиметаллической специализации. // Тез. докл. 1-го Российского Петрографического совещания "Магматизм и геодинамика". Уфа, 1995. Кн.4."Петрология и рудообразование", с.116.

8. V.Pakhomova, V.Belyaeva and B.Tishkin. Results of a thermo-barometric study of hydrothermal fluids and magmatic system at Democrat Mine, Richardson district, Alaska.// Symposium: The geology and mineral deposits of the Russian Far East. Alaska miners association special volume, 1996, №1., p.128-133.

9. Pakhomova V.A., Soluanic V.A., Logventhev P.I. FLUID INCLUSIONS IN THE LOCAL METALLOGENIC PROGNOSTICATION //Resumes XIV ECROFI (European Current Research on Fluid Inclusions), Nancy. France, 1997, volume "Magmatic-Metamorphic processes", page 253-254.

10. Рейф Ф.Г., Пахомова В.А., Ишков Ю.М., Демашев С.Б. Роль высокометаллоносных растворов в формировании оловянного месторождения "Верхнее" (Карадубское рудное поле) // Геохимия, 1994, №11, стр. 1633-1650.

11. Хетчиков Л.Н., Пахомова В.А., Раткин В.В. Демашев С.Б. Эволюция флюидного режима формирования рудно - магматической системы (на примере Хинганского оловорудного месторождения). ДАН, т.333, 1993, №3, с. 352-355.

12. Стерхов К.Г., Беляева В.Р., Пахомова В.А. Петрология и потенциальная рудоносность щелочногранитных пород Томптоканского массива Алдана. Отечественная геология, 1993, с. 49-56.

13. Хетчиков Л.Н., Пахомова В.А., Гвоздев В.И., Окавитый В.Н. О составе флюидных включений в кварце гранитов Дальнинского комплекса Сихотэ - Алия. ДАН, 1994, т. 335, с. 348 - 351.

14. Симаненко Л.Ф., Раткин В.В., Пахомова В.А., Дмитриев В.Е., Афанасьева Т.Б. Самородные минералы группы мышьяка в скарновых рудах Дальнегорского боросиликатного месторождения (юг Дальнего Востока России). Тихоокеанская геология, 1994, №2, с. 39-48.

15. Раткин В.В., Хетчиков Л.Н., Пахомова В.А., Симаненко Л.Ф. Состав и физико - химические условия кристаллизации сфалерита как отражение зональности Партизанского скарново - полиметаллического месторождения (Приморье). Тихоокеанская геология, 1994, №3, с. 72-82.

16. Khetchikov L.N., Pakhomova V.A. Fluid evolution of ore - bearing granites and associated mineral deposits of the Far Eastern on data of melt and fluid inclusion study in minerals. The 9th Symposium of International Association on the genesis of ore deposits. Abstract. Beijing, China, 1994, vol. 1, p.201-202.

17. Reyf F.G., Pakhomova V.A., Ishkov Yu. M. On metal content of fluid during magmatic evolution and hydrothermal ore formation (evidences from fluid inclusion). Abstract, p. 184-85.

18. Хетчиков Л.Н., Герасимов Н.С., Пахомова В.А., Говоров И.Н., Рязанцева М.Д. Результаты Rb - Sr - датирования и изучения включений в кварце гранитов григорьевского комплекса Ханкайского массива. ДАН, 1995, т. 343, №1, с. 91-93.

19. Хетчиков Л.Н., Пахомова В.А. Флюидный режим формирования биотитовых гранитов вознесенского комплекса Ханкайского массива по данным изучения включений в кварце. Тихоокеанская геология, 1995, №5, т. 14, с. 57-2.

20. Хетчиков Л.Н., Пахомова В.А., Гвоздев В.И., Журавлев Д.З. О связи оруденения с гранитным магматизмом и возрасте скарново-шеелитовых месторождений Приморья. Тезисы международного симпозиума, посвященного 100-летию со дня рождения акад. Бетехтина. Москва, 1997. с. 84-85.

21. Zalishchak B.L., Lennikov A.M., Oktyabrsky R.A., Solyanik V.A., Pakhomova V.A. Mineralization of zonal alkali-ultrabasic complexes of the Far East Russia // Proceeding of the Ninth Quadrennial IAGOD Symposium, 1997, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nagele u. Obermiller), D-70176 Stuttgart, page 1-13.

22. Семеняк Б.И., Пахомова В.А., Залищак Б.Л., Коростелев П.Г. Некоторые особенности молибденовой минерализации Правоурмийского месторождения // Тихоокеанская геология, 1997, Т 16, №4, С. 102-110.

23. Залищак Б.Л., Пахомова В.А., Соляник В.А. Метасоматиты платиноносного массива Кондер (Хабаровский край). Тез. совещания "Метасоматическая зональность полигенных и полихронных месторождений". Екатеринбург, 1997, (27 -30 мая), С 23-25.

24. Пахомова В.А., Залищак Б.Л., Коржинская В.С, Афанасьева Т.Б., Лапина М.И. Генетические особенности формирования гельциркон-бадделеитовых руд по данным термобарогеохимии (на примере месторождения Алгама, Хабаровский край) // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток, Дальнаука, 2000 г. С. 248–262.

25. Недашковский П.Г, Кириллов В.Е., Гурьянов В.А., Пахомова В.А. Геологическое строение и металлогения улканского вулканогенного прогиба (юго-восток Алданского щита) // Владивосток, Дальнаука, 2000 г., 65 С.

26. Попов В.К., Пахомова В.А, Беляева В.Р. Палеогеновая гранит - риолитовая серия Восточно - Сихотэ - Алинского вулканического пояса (петрогенезис и рудоносность по данным изучения включений в кварце). Материалы 1 Всероссийского петрографического совещания. Уфа, 1995, Кн.4., с. 116.

28. Хетчиков Л.Н., Пахомова В.А., Попов В.К., Чашин А.А., Сапин В.И. Состав расплавных включений в минералах и температурный режим формирования пород вулкана Дикий Гребень (Камчатка) // Тихоокеанская геология, 2000 г. Том 19, №4, с 3 2

29. Пахомова В.А., Залищак Б.Л., Одариченко Э.Г., Рыбин А.В., Гвоздев В.И., Сапин В.И., Чепкая Н.А. Природа плагиоклазов в базальтовых магмах вулкана Кудрявый по результатам исследований включений (остров Итуруп, Курильские острова.)» Труды IX международной конференции по термобарогеохимии, г. Александров, 2001. С 79-96.

30. Khetchikov L.N., Pakhomova V.A., Popov V.K., Chashchin A.A. and Sapin V.I.

Compozition of melt inclusions in mineral and temperature regime in rock formations of Dikiy Greben volcano, Kamchatka. GEOLOGY OF THE PACIFIC OCEAN, 2000, VOL. 19, No. 4, p. 3-11.

31. Reif F.G., Pakhomova V.A., Ishkov Yu.I., Demashev S.B., 1995. The role of highly metalliferous solutions in formation of the Verkhneye tin deposit, Karadube orefield. *Geochem. Int.*, 32: p. 58-76.

32. Khanchuk A., Zalishchak B., Pakhomova V., Odarichenko E., Sapin V. Genesis and Gemmology of Sapphire from the Nezametnoye Deposit, Primorye Region, Russia // *Australian Gemmologist* (2003) Volume 21, p.p. 329-335.