

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
Геологический факультет

СТЕНОГРАММА
заседания диссертационного совета Д 501.002.06
при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова

10 февраля 2017 года, протокол № 137

Защита диссертации Поповой Юлией Анатольевной на тему:

«Геохимическая модель поведения лантаноидов при формировании вольфрамитовых
месторождений

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных
ископаемых

Москва — 2017 год

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ — и. о. председателя диссертационного совета, доктор геолого-минералогических наук, профессор Борисов М.В.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ диссертационного совета — доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Киселева И.А.

На заседании присутствовали:

1. Борисов М.В. д.г.-м.н., 25.00.09, геол.-мин. науки
2. Киселева И.А. д.г.-м.н., 25.00.05, хим. науки
3. Акинфиев Н.Н. д.х.н., 25.00.09, хим. науки
4. Белоконева Е.Л. д.х.н., 25.00.05, хим. науки
5. Боруцкий Б.Е. д.г.-м.н., 25.00.05, геол.-мин. науки
6. Гаранин В.К. д.г.-м.н., 25.00.09, геол.-мин. науки
7. Гричук Д.В. д.г.-м.н., 25.00.09, геол.-мин. науки
8. Гурский Ю.Н. д.г.-м.н., 25.00.09, геол.-мин. науки
9. Еремин Н.Н. д.х.н., 25.00.05, хим. науки
10. Костицын Ю.А. д.г.-м.н., 25.00.09, геол.-мин. науки
11. Кощуг Д.Г. д.г.-м.н., 25.00.05, геол.-мин. науки
12. Леонюк Н.И. д.х.н., 25.00.05, хим. науки
13. Матвеев А.А. д.г.-м.н., 25.00.09, геол.-мин. науки
14. Пеков И.В. д.г.-м.н., 25.00.05, геол.-мин. науки
15. Пушаровский Д.Ю. д.г.-м.н., 25.00.05, геол.-мин. науки
16. Осадчий Е.Г.. д.х.н., 25.00.05, хим. науки
17. Спиридонов Э.М. д.г.-м.н., 25.00.05, геол.-мин. науки
18. Ульянов А.А. д.г.-м.н., 25.00.05, геол.-мин. науки
19. Якубович О.В. д.г.-м.н., 25.00.05, геол.-мин. науки

Борисов М.В.: Переходим ко второй защите, все устали, у всех занятия с утра, но давайте крепиться, рассказываемся. Не устали только те, кто пришел послушать новую защиту.

Кворум у нас имеется, поэтому мы можем начинать слушать новую защиту. Прежде чем предоставить слово соискателю, слово предоставляется ученому секретарю для краткого оглашения материалов дела.

Киселева И.А.: Попова Юлия Анатольевна поступила в Московский Государственный Университет на геологический факультет в 2006 году. В 2010-м году закончила со званием бакалавра, в 2012-м магистра и в 2012 году поступает в аспирантуру кафедры геохимия. В настоящее время она является техником МГУ кафедры геохимии. Ею представлены в Совет все необходимые документы, оформленные в соответствии с правилами ВАК. Если вопросов нет...

Борисов М.В.: Есть ли вопросы к Ирине Александровне? Вопросов нет. Я настолько торопился, что забыл обязательную процедуру, я должен был объявить, что мы слушаем.

В данный момент мы должны заслушать работу Поповой Юлии Анатольевны по специальности 25.00.09 под названием «Геохимическая модель поведения лантаноидов при формировании вольфрамитовых месторождений». Научным руководителем является доктор геолого-минералогических наук, профессор Бычков Андрей Юрьевич, кафедра геохимии. Официальные оппоненты: доктор геол.-мин. наук, профессор Юргенсон Георгий Александрович, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук; кандидат геолого-минералогических наук Ковальский Андрей Михайлович из МИСиС-а. Ведущее предприятие, как и в предыдущем случае, Институт экспериментальной минералогии Российской академии наук, г. Черноголовка. Можем продолжать наше заседание, и слово предоставляется соискателю. Юлия Анатольевна.

Попова Ю.А.: Добрый день, тема моей диссертационной работы «Геохимическая модель поведения лантаноидов при формировании вольфрамитовых месторождений».

Геохимическими трассерами природы гидротермальных флюидов могут служить те элементы, содержание которых достаточно специфично для растворов различного происхождения, и которые сохраняют эту специфичность при обменных реакциях между породой и раствором при фильтрации к зонами рудообразования. Концентрации и

соотношения редкоземельных элементов (РЗЭ) в минералах могут быть использованы в качестве индикатора природы и эволюции гидротермальных растворов.

Данная работа проводилась на образцах трех вольфрамитовых месторождений: месторождения Иульгин, месторождения Светлое и месторождения Спокойнинское.

Месторождение Иульгин является олово-вольфрамовым месторождением. Месторождение расположено на Чукотке в Иульгинском олово-рудном районе. Оно образовано в гидротермальной системе, связанной с гранитоидами. Представлено группой кварцевых жил с касситеритовой и вольфрамитовой минерализацией. На месторождении выделяются 4 минеральные ассоциации в последовательности при образовании месторождения: дорудная, продуктивная, сульфидная и пострудная. Формирование продуктивной ассоциации происходит при температуре от 350°C до 270°C из умеренно минерализованных хлоридно-натриевых растворов.

Второе месторождение - месторождение Светлое, также расположено на Чукотке в Иульгинском олово-рудном районе. Оно является олово-вольфрамовым. Рудные тела на этом месторождении также представлены жилами кварцевого и кварц-полевошпат-топазового состава и дайками грейзенизированных гранитов. Рудоносные кварцевые жилы распространены главным образом в центральной части месторождения, на северо-западном фланге преобладают жилы кварц-полевошпат-топазового состава. Последовательность минеральных ассоциаций при образовании: дорудная, продуктивная, сульфидная и карбонатная стадии.

Месторождение Спокойнинское расположено в Восточном Забайкалье в Агинском районе и относится к структурному типу минерализованных куполов. Это месторождение является вольфрамитовым месторождением. Месторождение сформировано магматогенными флюидами без признаков смешения с водами иного генезиса, что доказывается изотопными данными предыдущими исследователями. На месторождении присутствуют два типа оруденения. Первый - апограниты и грейзены, содержащие промышленные концентрации вольфрама. Второй тип представлен субвертикальными вольфрамит – кварцевыми жилами.

В данной работе определялся макросостав вольфрамита и монацита, минералов концентратов РЗЭ, на месторождениях с помощью электронного микроскопа с комбинированной системой рентгеноспектрального микроанализа. Также определялось содержание РЗЭ на масспектрометре с индуктивно связанной плазмой в монофракциях минералов-концентратов, таких как флюорит, вольфрамит и шеелит, в горных породах и водных вытяжках из кварца. Данные методики, использованные в работе, представлены на этом слайде.

Спектры РЗЭ во вмещающих породах для месторождения Иультин во всех точках разреза сходны. Для вмещающих пород месторождения распределение РЗЭ контрастно: для гранитов показан ровный спектр с европиевым минимумом, роговики же обогащены легкими редкоземельными элементами.

Вольфрамит на месторождение Иультин относительно обогащен тяжелыми редкоземельными элементами, что характерно для этого минерала. Все спектры расположены близко к друг другу и демонстрируют ярко выраженный европиевый минимум. Вольфрамит на месторождение Иультин можно разделить на 2 генерации по макросоставу: обогащенная железом основная масса и гораздо более гюбнеритовые вроски.

Для месторождения Светлое, так же как и для месторождения Иультин, вмещающие породы обладают контрастными спектрами редкоземельных элементов с такими же закономерностями.

Вольфрамит месторождения Светлое относительно обогащен тяжелыми РЗЭ, так же как на месторождении Иультин. Все спектры расположены близко к друг другу и демонстрируют ярко выраженный европиевый минимум. Вольфрамит месторождения Светлое так же можно разделить на 2 генерации по макросоставу основной массы зерен. В нем присутствуют гюбнеритовые вроски, они тяготеют к границе с арсенопиритом. Вольфрамиты повышенной марганцовистости, кристаллизующиеся совместно с арсенопиритом, характеризуются повышенным содержанием легких РЗЭ.

Флюорит на месторождении Светлое является сквозным минералом и образовывался во все стадии. Флюорит по содержанию редкоземельных элементов на месторождении можно разделить на 3 группы. Флюорит дорудной стадии, показанный на верхнем графике, характеризуется компактным расположением спектров РЗЭ, высоким содержанием РЗЭ и наличием большой отрицательной европиевой аномалии. Флюорит продуктивной и пострудной стадии представлен на втором графике и характеризуется низкой концентрацией суммы редкоземельных элементов, близким относительным содержанием легких и тяжелых элементов. В большинстве спектров у них отсутствует европиевый минимум. В двух образцах на этом графике наблюдается европиевый максимум. Суммарное содержание РЗЭ в этих двух образцах самое низкое из всех образцов данной генерации. Образование этих флюоритов относится к пострудной кварц-флюорит-кальцитовой стадии.

Вмещающие породы месторождения Спокойнинское представлены приконтактовыми роговиками и гранитами разной степени грейзенизации. Приконтактовые роговики месторождения Спокойнинское характеризуются слабо

выраженным европейским минимумом, в двух образцах наблюдается положительная цериевая аномалия, характерная для осадочных пород. Для спектров в различной степени грейзенизированных гранитов характерно наличие ярко выраженного европейского минимума и преобладание легких лантаноидов над тяжелыми.

Как я говорила ранее, на месторождении Спокойнинское присутствует 2 типа оруденения: первый тип - апограниты и грейзены, содержащие промышленные концентрации вольфрама; второй тип представлен субвертикальными вольфрамит-кварцевыми жилами, образование которых завершает рудный процесс. По характеру спектров редкоземельных элементов вольфрамит на месторождение можно разделить на 2 группы. В первую группу вошел вольфрамит из грейзенизированных гранитов и кварц-вольфрамитовых жил, которые образуют компактную группу, характеризуясь более низкой суммой РЗЭ по сравнению со второй группой, и низким отношением легких к тяжелым РЗЭ. Вторую группу образуют спектры РЗЭ вольфрамита из кварц-мусковит-альбитовых стяжений, которые содержат большее количество РЗЭ и характеризуются увеличением доли легких РЗЭ. Вольфрамит не является главным концентратом РЗЭ в породах Спокойнинского месторождения.

Закономерности распределения РЗЭ в спектрах флюорита сходны с таковыми в вольфрамите. Флюорит так же можно разделить на 2 группы. Для флюоритов из гранитов и кварц-вольфрамитовых жил характерно низкое содержание РЗЭ и преобладание тяжелых РЗЭ над легкими. Флюорит из стяжений характеризуется более высоким содержанием лантаноидов по сравнению с первой группой и преобладанием легких РЗЭ над тяжелыми.

Из этого можно вывести первое защищаемое положение. Флюорит дорудной и продуктивной стадий изученных месторождений характеризуется высокой концентрацией РЗЭ и появлением Eu минимума. Флюорит пострудной стадии обеднен РЗЭ. Сопоставление концентрации РЗЭ в разных минералах возможно только путем расчета состава гидротермального раствора с использованием коэффициентов распределения минерал-флюид.

Концентрации РЗЭ в гидротермальных растворах, равновесных с флюоритом и вольфрамитом, рассчитаны с использованием коэффициентов распределения минерал/флюид из работы Рэмбо (Raimbault) 1985 года, которые получены в условиях, близких к грейзеновому процессу как по температуре, так и по составу растворов, и подходят для месторождений, рассматриваемых в этой работе.

В моей работе так же проводились эксперименты по определению коэффициентов распределения между раствором и минералом. Эксперименты проводились при

температуре 350°C и давлении насыщенного пара. Подход к равновесию осуществлялся снизу и сверху. В системе флюорит-флюид наши эксперименты не показали воспроизводимых результатов. В системе шеелит-флюид наши эксперименты показали надежные результаты и хорошую сходимость с результатами работы Рэмбо (1985), которые и использованы в дальнейшем в работе.

Флюид, равновесный с вольфрамитом, образовавшимся в продуктивную стадию, характеризуется наличием ярко выраженной европиевой отрицательной аномалии и обогащением Sm, Gd, Tb, Dy. Флюид, равновесный с флюоритом, образовавшимся в продуктивную стадию, характеризуется повышенным содержанием РЗЭ по сравнению с флюидом, равновесным с флюоритом, образовавшимся в пострудную стадию. Он показывает другой состав флюида, с пониженным содержанием РЗЭ и без европиевого минимума. Исходя из того, что раствор наследует характер спектров пород, через которые он прошел, можно сделать вывод о том, что флюид продуктивной стадии является магматическим флюидом, а образец флюорита образовался из преимущественно экзогенных вод.

Для контроля правильности производимых расчетов с помощью коэффициентов распределения из работы Рэмбо (1985) нами был исследован флюид напрямую, с помощью водных вытяжек из кварца. Сопоставление спектров РЗЭ растворов из флюидных включений с составами, рассчитанными по вольфрамиту и флюориту, показывает близкие закономерности: концентрации совпадают по порядку величин и по значению европиевого минимума.

Флюорит первой генерации на месторождении Светлое отвечает дорудной стадии, и он показан на верхнем графике. Минералы этой ассоциации отлагались из магматогенного флюида. Флюид, равновесный со второй генерацией флюоритов, соответствует экзогенному флюиду. В двух образцах наблюдается Eu максимум, образование этих флюоритов относится к пострудной кварц-флюорит-кальцитовой стадии. Флюид, равновесный с вольфрамитом месторождения Светлое, (представлен на верхнем графике), отлагавшимся в продуктивную стадию из смешанных флюидов, в которых преобладала магматогенная составляющая.

На месторождении Спокойнинское по спектрам РЗЭ можно выделить 2 группы растворов. Первая и основная группа – это растворы, равновесные с вольфрамитом и флюоритом из грейзенизированных гранитов и кварц – вольфрамитовых жил, то есть это растворы, с которыми связано рудообразование на месторождении. Они характеризуются низким суммарным содержанием редкоземельных элементов и заметно обеднены легкими РЗЭ. Вторая группа представлена флюоритом и вольфрамитом из кварц-мусковит-

альбитовых стяжений. Она характеризуется заметно большим суммарным содержанием РЗЭ и большим содержанием легких РЗЭ.

Из всего вышесказанного можно вывести следующие защищаемые положения. Второе: расчет составов гидротермальных растворов показал, что развитие гидротермальных систем Иультин и Светлое сопровождалось изменением концентрации РЗЭ во флюиде. Такое изменение не наблюдается на месторождении Спокойнинское, что объясняется тем, что на всех стадиях концентрация РЗЭ во флюиде контролировалась растворимостью монацита гранитов. И третье: по содержанию РЗЭ во флюиде реконструирована схема рудообразования на месторождениях Иультин и Светлое. На первом этапе в гидротермальной системе преобладал магматогенный флюид. Продуктивная стадия характеризовалась смешением магматогенного флюида и экзогенных вод. В постпродуктивную стадию преобладали экзогенные воды.

Термодинамическое моделирование процесса рудоотложения на олово-вольфрамовом месторождении Иультин было разработано в 2010 году Суцевской Т.М. и Бычковым А.Ю.. В работе рассматривалось несколько сценариев. В большей степени природным данным соответствуют результаты расчета смешения магматогенного раствора с экзогенным флюидом, переуравновешенным с вмещающими породами. Он воспроизводит минеральную зональность месторождения.

В качестве эндогенного флюида используется образец флюида, равновесного с вольфрамитом, характеризующийся самыми высокими концентрациями РЗЭ и ярко выраженным европиевым минимумом. В качестве экзогенного флюида используется образец флюида, равновесного с флюоритом, спектр которого не имеет Eu минимума, и содержания РЗЭ в нем заметно ниже.

Результаты расчетов модели смешения флюидов взяты из работы Суцевская и Бычков (2010). При понижении температуры из раствора выпадают кварц и мусковит с небольшим количеством флюорита, при температуре ниже 400°C происходит совместное выпадение вольфрамита, касситерита и арсенопирита.

Результаты наших расчетов показали, что при понижении температуры уменьшается Eu минимум, увеличивается относительная концентрация легких РЗЭ. Содержание тяжелых РЗЭ понижается за счет отложения вольфрамита. Nd в нашей модели является консервативным элементом, его концентрация остается постоянной. Для проверки результатов моделирования флюид, рассчитанный по составам минералов, также был отнормирован на неодим. В результате при сравнении 2-х графиков можно увидеть, что распределение РЗЭ во флюиде, равновесном с минералами на месторождение Иультин, близко к расчету.

Аналогично была построена модель для условий месторождения Светлое. Результаты расчетов показали, что первым выпадает флюорит первой генерации, далее вольфрамит с касситеритом, а затем флюорит второй генерации. На графике показаны составы флюидов, выбранные в качестве исходных: магматического и метеорного. И результат расчета их эволюции при их смешении и отложении минералов.

Для проверки модели были рассчитаны составы флюорита первой генерации, вольфрамита и флюорита второй генерации. Наблюдается хорошая сходимость по содержанию РЗЭ между природными и модельными составами.

В результате можно вывести четвертое защищаемое положение. Рассчитана термодинамическая модель рудообразования на месторождениях Иультин и Светлое. Главным фактором отложения вольфрамита и касситерита является смешение магматогенного флюида с метеорными водами, прошедшими через взаимодействие с вмещающими породами. По пропорции смешения и отложения минералов рассчитано содержание РЗЭ в рудообразующем флюиде. Сопоставление составов, полученных в модели и реконструированных по составам минералов, позволило верифицировать результаты термодинамической модели.

Спасибо за внимание.

Борисов М.В.: Спасибо. Теперь переходим к вопросам. Какие вопросы возникли у слушателей после того как было прослушано это сообщение. Есть вопросы. Да, Юрий Александрович.

Костицын Ю.А.: Юля, вот, я правда забыл, это на Иультине было, но вывод такой получается, что при отложении в растворе флюорита, в этом растворе был один спектр редкоземельных элементов, а позднее, когда отлагался уже вольфрамит, по-моему, да? Спектр распределения элементов почему то изменился.

Борисов М.В.: Поясни.

Костицын Ю.А.: Вот, может быть, картинку надо показать, она была в первой трети доклада.

Попова Ю.А.: Сейчас.

Борисов М.В.: У тебя же и на этом, последнем, было.

Попова Ю.А.: Там, где шеелит был?

Костицын Ю.А.: Наверное, это шеелит там был, а не вольфрамит.

Попова Ю.А.: Да, там шеелит, который более поздний, он является поздним минералом на месторождении, и понятно, что у него иной спектр. Не здесь?

Костицын Ю.А.: Нет, не здесь. Там, где именно флюид, вы моделировали флюид, вот где именно флюид, из которого образовывались сначала флюорит, а затем шеелит.

Попова Ю.А.: Да, пересчитанный.

Борисов М.В.: У тебя ведь на совсем последнем ..

Попова Ю.А.: Вот этот, наверное.

Борисов М.В.: Может быть.

Попова Ю.А.: Картинка.

Борисов М.В.: На последнем графике, где ты показываешь - генерация первая, вторая, там ведь все было, по-моему.

Костицын Ю.А.: Для Светлого, да. Вольфрамит, не шеелит, а вольфрамит.

Попова Ю.А.: Флюорит образовывался в дорудной стадии, он образовывался из магматогенного флюида, т.е. с совсем маленькой примесью экзогенных вод, а вольфрамит уже позднее выпадал, там больше экзогенной воды.

Борисов М.В.: С другим спектром добавляется.

Костицын Ю.А.: А то есть они по времени разнесены?

Попова Ю.А.: Да.

Борисов М.В.: Кто б хотел еще спросить? Да, пожалуйста, Игорь Викторович.

Пеков И.В.: Скажите, пожалуйста, немножко подробнее про редкие земли в вольфрамите, у вас в самом начале доклада была интригующая фраза, что вы определяли их там электронным зондом, это вы оговорились или это ...действительно...

Попова Ю.А.: Нет, макросостав...

Борисов М.В.: Дослушай до конца вопрос, потом

Пеков И.В.: В вольфрамите определяли ли вы электронно-зондовым методом при помощи вот того прибора, о котором вы говорили, первое, и второе, немного подробнее пределы содержаний, из доклада трудно было вычленишь, избирательность вольфрамит, если она есть, в отношении каких компонентов La - Lu, и почему.

Попова Ю.А.: Да.

Пеков И.В.: Такую короткую выжимку на тему редкие земли в вольфрамите, какие, сколько, почему именно эти, если есть селективность.

Борисов М.В.: Сначала с первого начни. Микрозонд.

Попова Ю.А.: Микрозондом определялся естественно макросостав. Мы определяли гюбнерит или ферберит вольфрамит. А редкоземельные элементы определялись масспектрометром с индуктивно связанной плазмой. Насчет редкоземельных элементов в вольфрамите. В вольфрамите преобладают тяжелые редкие

земли – гадолиний, диспрозий, гольдмий, т.е. если мы ненормированные спектры смотрим.

Борисов М.В.: У тебя тут стоит вольфрамит? Можешь прям ...

Попова Ю.А.: Вот. При этом как раз на месторождении Светлое у нас есть отличие в зависимости от макросостава по содержанию, небольшое отличие, по содержанию редких земель в разных генерациях вольфрамита.

Пеков И.В.: Почему именно тяжелые? Их же в принципе меньше вообще, а в вольфрамите у вас именно они. Какая причина?

Попова Ю.А.: Это структурно объясняется...

Пеков И.В.: А именно как?

Попова Ю.А.: Просто они.... если ионный радиус, вольфрамит больше захватывает тяжелые редкие земли....

Пеков И.В.: Почему конкретно?

Попова Ю.А.: Потому что замещение идет из-за формулы самого вольфрамита.

Пеков И.В.: Скажите, радиусы какие – у вольфрамита только две позиции, – вот железо, марганец и вот вольфрам, куда какие, почему именно эти?

Попова Ю.А.: Потому что ионные радиусы близки у тяжелых редких земель и, собственно, у железа и марганца.

Пеков И.В.: А концентрации вот эти?

Попова Ю.А.: Да.

Борисов М.В.: Так, еще вопросы появились? Да, пожалуйста.

Сущевская Н.М.: Можно ли сделать вывод из вашего сообщения, что если мы в грейзене видим пустой флюорит, с низким содержанием редких земель, то он уже как бы пострудный и по всем своим качествам не связан с рудообразованием.

Попова Ю.А.: Да, можем сделать такой вывод. Если там маленькие концентрации редкоземельных элементов, он уже наследует спектр экзогенных вод.

Борисов М.В.: Еще вопросы?

Гаранин В.К.: Да, можно первое защищаемое положение.

Борисов М.В.: Первое защищаемое положение.

Гаранин В.К.: Да, первое защищаемое положение. Маленький вопрос у меня.

Попова Ю.А.: Да.

Гаранин В.К.: Написано – флюорит дорудной и продуктивной стадии. А я что-то на всех картинках не видел пострудной стадии, вот этот график. А в защищаемых он появился. Может я проглядел. Везде вы говорили – дорудной, дорудной, дорудной.

Попова Ю.А.: Вот этот нижний график – вот продуктивная и пострудная стадии. Вот продуктивная стадия – более ровный.

Борисов М.В.: Разного цвета – коричневый и зеленый – это продуктивная, а, соответственно, красный и синий – постпродуктивная. Тут вот так было выделено – надо было читать надпись и смотреть на график. Так, еще вопросы. Да, пожалуйста.

Коцуг Д.Г.: Чисто концептуально. Коэффициенты распределения – это соотношение концентрации примесей между растущим кристаллом и флюидом. Классический подход. У вас эксперимент, по шеелиту. У вас шеелит тоже рос в этом эксперименте или нет?

Попова Ю.А.: Да, у нас обмен.

Борисов М.В.: В твоём собственном эксперименте.

Попова Ю.А.: Мы ставили обменный, скорее, эксперимент, но да.

Коцуг Д.Г.: Шеелит был положен туда, готовый.

Попова Ю.А.: Да.

Коцуг Д.Г.: Тогда это не коэффициент распределения – это диффузия должна происходить, понимаете, все будет определяться диффузионным процессом внутри шеелита.

Попова Ю.А.: Но он растворялся и заново выпадал.

Коцуг Д.Г.: Коэффициент распределение между растущим кристаллом из раствора и раствором. У вас получается флюид, есть твердая фаза в реальном эксперименте, растёт кристалл и захватывает примеси.

Попова Ю.А.: Выпадает шеелит...

Коцуг Д.Г.: В вашем эксперименте не так, как я понимаю.

Попова Ю.А.: У нас растущий он.

Коцуг Д.Г.: Шеелит не вкладывался в автоклав?

Попова Ю.А.: Шеелит вкладывался изначально. У нас подход к равновесию сверху и снизу.

Борисов М.В.: Поясни.

Попова Ю.А.: У нас при подходе к равновесию снизу исходный раствор не содержал лантаноидов, растворение шеелита приводило к переходу в раствор редкоземельных элементов из природного минерала. При подходе к равновесию сверху, исходный раствор содержал 100 мкг/кг всех редкоземельных элементов, и в ходе опыта концентрация снижалась.

Борисов М.В.: т.е. переходил, получается, в твердую фазу.

Кошуг Д.Г.: Это больше на обмен похоже нежели на распределение. И у меня вот еще можно короткий вопрос. Вы в самом начале сказали интересную вещь, поясните мне как любителю кварца. Водная вытяжка из кварца. Вот что вы ожидали там, и где она потом использовалась?

Попова Ю.А.: Водная вытяжка из флюидных включений в кварце. Она использовалась чисто как контроль правильности производимых расчетов с помощью коэффициентов. Т.е. это лишнее подтверждение, что коэффициенты верные, потому что нам надо было как-то померить во флюиде напрямую эти редкоземельные элементы.

Борисов М.В.: Поясни хоть на этом рисунке, где у тебя вот эти флюидные включения, а где ваше... Каким цветом?

Попова Ю.А.: Вытяжки из кварца показаны, собственно, линиями.

Борисов М.В.: Какими?

Попова Ю.А.: А то, что получено по пересчету, их зоны определены вот этими вот областями.

Борисов М.В.: Красными и желтыми. А синие – это вытяжки?

Попова Ю.А.: Да.

Борисов М.В.: Ладно, еще вопросы возникли? Пожалуйста.

Пеков И.В.: Формальный есть вопрос, но он может оказаться неожиданно важным. Прокомментируйте. Вот написано - 5 работ по перечню ВАК, я просто обязан спросить по роду деятельности. Я их нашел вроде бы в реферате, и они в проекте заключения перечислены. Вот тут есть три работы в журнале Mineralogical Magazine, и все три одностраничные. Это опечатка или это реально так?

Попова Ю.А.: Это реально так.

Пеков И.В.: И если это реально так, то я вам очень рекомендую дать какие-нибудь другие работы, потому что очевидно, что это не статьи, а материалы конференции, так?

Попова Ю.А.: Это тезисы, но там отдельный номер, входящий в список ВАК.

Борисов М.В.: Есть журнал Геохимия, т.е. у нее в принципе хватает и без этого.

Пеков И.В.: Я вижу, да, но вот и не нужно делать 5 из двух.

Попова Ю.А.: Хорошо.

Борисов М.В.: Так, еще вопросы или замечания. Больше вопросов нет, так что вы садитесь. Предоставляется слово научному руководителю. Бычков Андрей Юрьевич.

Бычков А.Ю.: Юлия Анатольевна проводила свою работу в течение обучения и в университете, и потом в аспирантуре, и за это время она освоила те методики, которые сегодня докладывала, и при этом достигла большого мастерства. И показала хорошую

возможность анализировать полученные результаты. В целом, ее трудолюбие и большой объем работы позволяют мне поддержать ее работу. Мне хочется сказать, что в этой работе присутствуют те три части, которые мне бы хотелось видеть в геохимических работах: это изучение природного материала, это экспериментальные подходы и это термодинамический подход с созданием модели. Не все всегда получается, когда работа ограничена рамками диссертации, но в данном случае, мне кажется, все удалось. И в результате мы увидели некоторую непротиворечивую схему поведения редкоземельных элементов в гидротермальном процессе, связанном с гранитами. Я считаю, что эта работа заслуживает искомой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Борисов М.В.: Спасибо, Андрей Юрьевич.

Слово предоставляется ученому секретарю для того, чтобы ознакомить вас с отзывом ведущего предприятия и отзывами, присланными на автореферат.

Киселева И.А.: По этой работе мы имеем заключение кафедры геохимия, где слушалась предварительная защита. В своем заключении кафедра отмечает личное участие соискателя, считает, что личный вклад был решающим на всех этапах работы, начиная от постановки задач и обработки фактического материала, от интерпретации полученных результатов до формулирования выводов. Новизна, представленная в исследовании включает то, что впервые для олово-вольфрамовых месторождений Иультин и Светлое проведено систематическое изучение содержания редкоземельных элементов в гидротермальных минералах, а также расчет концентраций редкоземельных элементов в гидротермальном растворе с использованием коэффициентов распределения минерал-флюид. Полученные результаты позволили выявить источники гидротермальных растворов, формирующих рудные тела месторождения. Впервые построена количественная термодинамическая модель формирования высокотемпературного рудообразования с учетом распределения редкоземельных элементов для месторождений Иультин и Светлое. Практическая значимость проведенных исследований определяется тем, что результат работы позволил расширить индикаторные возможности применения лантаноидов при использовании геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых. Разработанный подход дает научные основы для разработки исследования зональности гидротермальных месторождений. Кафедра геохимии рекомендует к защите эту работу и считает, что основное содержание и защищаемые положения работы соответствуют требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатской диссертации. Защищаемые положения в достаточной степени отражены в имеющихся у

диссертанта публикациях. Просят наш диссертационный совет принять эту работу к защите.

Мы получили на эту работу несколько отзывов. Первый - это отзыв ведущей организации. Такой организацией был Институт экспериментальной минералогии Черногловки, отзыв написан и составлен Котельниковым Алексей Рэдовичем, доктором геолого-минералогических наук. Он утвержден и рассмотрен на заседании ученого совета института, и подписан директором института Шаповаловым. В отзыве содержится раздел “Актуальность работы”. Использование геохимических реперов для оценки генезиса природных объектов и условий их эволюции в последние годы становится все более и более популярным. Развитие метода сдерживают аналитические возможности и отсутствие термодинамических данных, позволяющих провести оценки межфазового распределения микроэлементов. На настоящий момент данные о поведении редкоземельных элементов в процессах гидротермального минералогенезиса практически отсутствуют. Необходимость получения количественных данных о распределении редкоземельных элементов в системах минерал– флюид при параметрах гидротермальных процессов определяет актуальность представленной диссертационной работы Поповой.

Целью диссертационной работы является количественная оценка возможности использования содержаний редкоземельных элементов в различных фазах в качестве геохимического индикатора условий минералогенеза вольфрамитовых месторождений. Следует отметить хорошее соответствие цели исследований, сформулированных задач и методов изучения. Возможность применения геохимических индикаторов безусловно способствует разработке адекватных моделей рудогенеза – в данном случае для олово-вольфрамовых месторождений.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется тем, что для понимания процессов образования олово-вольфрамовых месторождений разработаны методы и подходы, позволившие впервые изучить распределение редкоземельных элементов в породах, минералах и в водных растворах, используя новейшие аналитические методики.

Полученные автором результаты имеют большое значение для геохимических исследований. Показано, что использование геохимических индикаторов содержаний редкоземельных элементов в различных фазах: породах, минералах и флюидах позволяет количественно оценить составы постмагматических флюидов, транспортирующих рудное вещество.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений определяется большой выборкой образцов, отбиравшихся на ряде объектов в разное время

и с большой детальностью, и сопоставлением полученных результатов с уже имеющимися данными.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению. Текст диссертации обладает внутренним единством. Первая глава посвящена геологическому описанию объектов. К сожалению из работы неясны методы оценки ТР- параметров процессов минерало- и рудогенеза.

Во второй главе описываются методы исследования составов минералов и флюидных включений. Данная методическая глава производит очень хорошее впечатление. В качестве замечания следует отметить, что метод водных вытяжек дает усредненные значения для всех генераций флюидных включений. Кроме того, адекватность составов водных вытяжек и флюида экспериментально доказана только для условий гомогенного состояния флюида. При гетерогенизации состав водных вытяжек не отражает состав гидротермального раствора (Котельникова, 2001).

Постановка опытов хорошо продумана, осуществлен метод подхода к равновесию с двух сторон. Качество полученных данных не вызывает сомнений. В качестве замечаний: первое, не обоснован выбор параметров опытов – почему опыты проводили при температуре 350°C? Это связано с условиями минералогенеза на изученных месторождениях? Почему в качестве реперных выбраны данные достаточно старой работы (Raimbault,1985)? На мой взгляд, современные методики экспериментов и методики анализов, использованные автором диссертационной работы более достоверны, чем данные работы (Raimbault,1985), а экспериментальные результаты, полученные Ю.А.Поповой вполне могут быть использованы для построения физико-химической модели процесса распределения редкоземельных элементов в системе минерал – раствор.

В четвертой главе приводятся данные о содержании редкоземельных элементов. В этой главе автор приводит составы вольфрамитов из рудных зон месторождений, отмечая типоморфные особенности их состава. Анализы рудных элементов выполнены микрозондовым анализом. Замечаний нет.

В пятой главе, на основе опытных данных о распределении элементов редких земель в системах минерал – флюид проводится реконструкция составов минералообразующих флюидов изученных месторождений. Показан сложный характер эволюции составов гидротермальных флюидов. Замечаний нет.

Шестая глава посвящена расчету термодинамической модели для описания поведения гидротермального флюида в процессе образования вольфрамитовых месторождений. В принципе, в рамках принятых граничных условий, автором

диссертации разработана вполне адекватная термодинамическая модель эволюции гидротермального флюида.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации. Автореферат полностью соответствует тексту диссертации, в нем приводятся основные результаты, обосновывающие защищаемые положения. Поповой было опубликовано 18 работ.

Вывод: диссертация Юлии Анатольевны Поповой является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям ВАК, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

На автореферат мы получили пять отзывов. Все они положительные. В одном из них есть замечания, все остальные отзывы без замечаний.

Отзыв Калмыкова А.Г., кандидата химических наук, инженера кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ. Первое: в работе приведены спектры распределения РЗЭ во флюиде по вытяжкам из кварца на месторождении Иультин. На спектрах присутствует две зависимости для горизонта VII, одна с минимумом другая без. Из текста и подрисуночных подписей не до конца ясно, почему появляется такое отличие. Второе: в работе рассматривается три месторождения, однако термодинамической модели для месторождения Спокойнинское не предложено. Наличие небольшого количества ошибок в пунктуации.

Отзыв Шевченко Владимира Петровича, ведущего научного сотрудника института океанологии им. Ширшова. Без замечаний, положительный.

Отзыв Чевычелова, доктора геолого-минералогических наук, ведущего научного сотрудника.

Отзыв Куликовой Виктории Владимировны, старшего научного сотрудника института геологии Карельского научного центра, доктора геолого-минералогических наук. Без замечаний.

Отзыв Конышева, кандидата геолого-минералогических наук, научного сотрудника лаборатории моделирования гидрогеохимических и гидротермальных процессов ГЕОХИ. Отзыв без замечаний.

Борисов М.В.: Спасибо Ирина Александровна. Уважаемые члены дис. Совета, я предлагаю, на замечания пусть отвечает в конце, после выступлений оппонентов, здесь, тем более, было не так много замечаний. Поэтому Георгий Александрович Юргенсон первый (*текст отзыва оппонента прилагается*). Слушаем Вас.

Юргенсон Г.А.: Актуальность работы несомненна, так как, несмотря на значительное число работ в области формирования олово-вольфрамовых месторождений, связанных с редкометальными гранитами, проблема условий и процессов рудообразования, особенно богатых руд и, соответственно, крупных по запасам месторождений остается открытой. Другая сторона актуальности исследования заключается в фундаментальном значении детального изучения редких земель как индикаторов фракционирования вещества в рудно-магматических системах. При этом важно иметь надежные методы их количественного определения в минералах-носителях, для которых они могут иметь типохимическое значение как индикаторы их соотношений в системе минералообразующая система – минерал на определенных этапах и стадиях эволюции рудоносных флюидов. Третья сторона актуальности заключается в необходимости иметь методы и подходы проверки правильности рассчитываемых физико-химических моделей на основе использования действительного распределения РЗЭ в минералах, относимых к определенным стадиям и условиям процесса рудообразования.

Поэтому приведенный в диссертации материал по совершенствованию методов анализа минералов на содержание РЗЭ, вариантов способов подготовки проб к анализу методом ISP MS чрезвычайно важен. Не менее важны и методы выявления содержания редкоземельных элементов в рудообразующем флюиде с использованием коэффициентов их распределения. Тема диссертации соответствует государственной программе прогноза новых и нетрадиционных видов минерального сырья.

Объем фактического материала для решения поставленных автором перед собою задач и использованные современные методы исследований дают основание полагать, что полученные выводы, в существенной части **обоснованы и достоверны.**

Для обоснования выводов и защищаемых положений проведен большой объем минералого-геохимических, микронзондовых, минералотермометрических, изотопных и других видов изучения вещества и получены аналитические данные, которые проинтерпретированы с позиций представлений предшественников автора о природе эволюции рудообразующих растворов и влияния смешения эндогенных и метеорных вод на процессы минерало- и рудообразования.

Основной **личный вклад автора** заключается в постановке конкретных задач для подтверждения выводов предшественников, выполнении методических работ для совершенствования методов анализа минералов на РЗЭ, выполнении анализов на РЗЭ и экспериментов для определения коэффициентов распределения минерал-минералообразующая система, обработке полученных данных и их интерпретации.

Структура работы вполне логична, хотя имеются некоторые особенности. Во Введении (стр.4 – 8) автор кратко дает обоснование актуальности работы, указывает цели и задачи, объем использованного фактического материала, и формулирует четыре защищаемых положения, доказательность которых дана в последующих главах диссертации.

В первой главе «Геолого-геохимическая характеристика объектов исследования» (стр. 8 – 31), автор на основании опубликованных литературных данных приводит конспективное описание месторождений Иультин, Светлое и Спокойнинское, коллекции образцов из которых служили объектом исследования. Здесь же приводятся современные сведения о возможности использования РЗЭ в качестве геохимических индикаторов источников рудообразующих растворов, их эволюции в процессе рудообразования и других генетических вопросов геохимии и петрологии. В этой главе автор критически рассматривает основные выводы, полученные предшественниками по изучению и моделированию процессов рудоотложения на месторождениях Иультин, Светлое и Спокойнинское, которые определили задачи выполненной ею работы.

В этой главе автор диссертации вынуждена была использовать терминологию и представления своих предшественников. Эти особенности полученных предшественниками выводов вызывают сомнения, заключающиеся в следующем:

Первое - в тексте диссертации, как в Первой главе (стр.30), так и в других местах используется довольно странная терминология: цитата:« ... 3) в большей степени природным данным соответствуют результаты расчета смешения магматогенного раствора с экзогенным флюидом, переуровновешенным с вмещающими породами. Этот процесс хорошо воспроизводит минеральную зональность месторождения». Что авторы понимают под словосочетанием «экзогенный флюид», не понятно. Как известно (Геологический словарь, Т.2, стр. 364): флюид рудоносный – газообразные или жидкие растворы, переносящие рудные компоненты из магматического рудоносного очага». Ради справедливости отметим, что диссертантка отказалась от этой сомнительной терминологии и в третьем защищаемом положении определила, что «Продуктивная стадия характеризовалась смешением магматогенного флюида и экзогенных вод». В настоящее время рудоносный флюид рассматривается как магматогенный водно-силикатный раствор-расплав, состоящий из кремнекислот, комплексов летучих, рудных и щелочных элементов, функционирующий в широком диапазоне температур и давлений.

Второе замечание. На стр. 20 указано, что « магматогенные флюиды на месторождениях Иультин и Светлое имеют низкую концентрацию солей ..., что было установлено криометрическими исследованиями первичных магматических флюидных

включений и флюидной фазы **расплавленных** включений. Вероятно нужно было написать расплавных и все было бы понятно.

Третье замечание. На стр. 21 серия неточностей при описании месторождения Светлое. Во фразе «Изотопный состав кислорода и водорода флюида месторождения был рассчитан на основе изотопного состава мусковита, кварца, вольфрамита, касситерита и кальцита, образованных на предрудной, продуктивной и пострудной стадиях формирования месторождения (рис.1.4)» (Sushchevskaya, 2005) необходимо было указать «...**их** изотопного состава в мусковите, кварце и т.д », но это касается лишь кислорода, тогда как изотопный состав водорода возможно знать лишь для мусковита, а в остальных перечисленных минералах его нет.

В подписи к рисунку 1.4 указано: «*Рассчитанные линии 0-1 и 0-А – это границы возможных значений изотопного состава магматического флюида при 700 – 350 С. Сплошная линия 1-7 обозначает изменения изотопного состава **метеорного** флюида при увеличении отношения вода/порода*». Непонятно, что такое метеорный флюид и откуда взята температура 700 градусов Цельсия, так как о ней нет указаний при описании условий образования месторождения Светлое.

Далее, на странице 22 вновь повторено словосочетание «метеорный флюид», взятое у предшественников «... во флюиде доминируют метеорные воды», кроме данных по изотопии водорода в мусковите, ничем не подтвержден. Данные по изотопному составу кислорода в пределах 2 – 10‰ указывают на принадлежность рудообразующего флюида к магматогенному, на самом деле.

Глава вторая. «Методика исследования состава минералов и флюидных включений» отражает усовершенствованные автором методики подготовки к анализу методом ISP MS, а именно вскрытия флюорита, шеелита и вольфрамита. В отличие от известной методики кислотного разложения вольфрамита и шеелита четырьмя кислотами (плавиковая, хлорная, соляная, азотная) использована смесь плавиковой и азотной кислот с добавлением соляной кислоты в количестве, равном азотной для растворения фторидов. Для разложения флюорита использована, в отличие от кипячения в серной или хлорной кислотах, 5М азотная кислота с добавлением небольшого количества соляной для разложения фторидных комплексов. Приведенная на стр. 37 табл. 2.2 иллюстрирует возможность использования предложенной методики разложения для определения РЗЭ и других элементов.

Автор предложила определение РЗЭ во включениях в кварце методом водных вытяжек. Метод известен, но растирание кварца в агатовой ступке не позволяет учитывать вклад воды, попадающей в пробу в процессе одновременного истирания и материала

агатовой ступки. Мы такие исследования проводили и убедились, что этого делать нельзя. Поэтому метод водных вытяжек далеко не всегда эффективен.

В главе 3. «Экспериментальное исследование распределения РЗЭ между минералами и флюидом в гидротермальных условиях» (стр.39 – 48) обоснована необходимость определения коэффициентов распределения редких земель между флюидом и минералами. В главе приведена методика экспериментального исследования равновесия минерал - флюид и результаты экспериментов с флюоритом, содержащим различные количества редких земель, а также с шеелитом. Результаты экспериментов по выявлению коэффициентов распределения РЗЭ в системе минерал - флюид для флюорита оказались, по мнению автора, недостаточно информативными, и не дали положительного эффекта, так как не соответствуют известным литературным данным.

В то же время эксперименты в системе минерал-флюид для шеелита Тырнаузского месторождения показали надежную сходимость с литературными данными. Однако, поскольку они были получены лишь на одном образце одного месторождения, возможность их использования для других объектов требует дополнительных исследований.

В главе 4. «Распределение РЗЭ в горных породах и минералах Sn-W месторождений Иультин, Светлое и Спокойнинское» приведены результаты изучения химического состава вольфрамит, шеелита и флюорита, а также содержаний редких земель во вмещающих горных породах.

На основе анализа распределения гюбнеритовой и ферберитовой составляющих автор делает небесспорный вывод о двух генерациях вольфрамит в одном зерне. Скорее всего, это последовательность выделения железистого и марганцовистого компонентов. На рис. 4.2 (Иультин) хорошо видно статистическое распределение марганца и железа в зерне вольфрамит в обратных электронах, а на рис. 4.10 (Светлое) видна зональность распределения марганцовистой части, приуроченной к краям зерна. Предположение о захвате избыточного железа арсенопиритом дискуссионно, так как сульфиды обычно выделяются позже вольфрамит. Анализ гистограмм распределения ферберитового и гюбнеритового миналов с глубиной показал возрастание диапазона составов в этом направлении и преимущественного развития более железистой разности. Возрастание доли разных по составу индивидов вольфрамит с глубиной указывает на уменьшение скорости кристаллизации, обеспечивающей формирование как ферберитовых, так и вольфрамит-гюбнеритовых разностей. Относительно состава флюида, генерировавшего вольфрамит, автор сделала совершенно верный вывод о преобладании магматогенной составляющей. Спектры РЗЭ лантаноидов в вольфрамитах достаточно однородны и не

показывают зависимости распределения РЗЭ от глубины, которая должна бы быть в случае влияния внешнего их источника. Это свидетельствует об отсутствии существенного влияния метеорных вод на состав флюида. При этом фиксируется относительное обогащение вольфрамитом тяжелыми РЗЭ. Это, как справедливо отмечает автор, « ...объясняется более высокими коэффициентами распределения тяжелых лантаноидов между вольфрамитом и растворами по сравнению с легкими» (стр.62). Поэтому, как полагает рецензент, нет достаточных оснований делать вывод об образовании вольфрамитов в результате смешения магматогенных и метеорных вод.

Это же относится и к спектрам РЗЭ флюорита. Лишь флюорит нижнего горизонта отличается равномерным распределением всех РЗЭ и отсутствием четко выраженного европиевого минимума. Из рисунка 4.7 не следует, что это поздний флюорит, а лишь то, что он характеризует нижний горизонт, где, судя по данным табл.1.1., вряд ли может быть пострудный флюорит. Поэтому существенных признаков смешения магматогенных и метеорных компонентов флюида из него не следует. Особенно примечательным следует признать факт отсутствия изменений в содержании флюорита разных генераций по вертикали.

Не обнаружен флюорит, формирующийся одновременно с вольфрамитом. Этот факт имеет принципиальное значение, так как указывает на возможности определенной роли фтора как носителя вольфрама в комплексных образованиях, которые, разрушаясь, дают вольфрамит, а фтор при этом остается в растворе. Но затем выделяется здесь же, так как вероятность миграции растворов в относительно замкнутых минералообразующих системах крайне ограничена. Это четко фиксируется однообразием строения продуктивных жил на всех уровнях практически большинства месторождений. Везде проявлена триада силикаты - рудные- кварц. При этом флюорит выделяется одним из последних. Правда, автор тоже иногда оказывается под влиянием предшественников и на стр. 81 и других употребляет словосочетание экзогенный флюид.

Для месторождения Светлое автор показывает, что спектры лантаноидов, как и на Иультине, образуют « ...компактную группу и демонстрируют глубокий европиевый минимум. При этом сумма РЗЭ = 38 – 85 ppm и отлагались они в продуктивную стадию из смешанных флюидов с преобладанием магматогенной составляющей. Вольфрамиты Спокойнинского месторождения хорошо изучены и отличаются преобладанием гюбнеритовой компоненты. По содержанию РЗЭ они подразделены на две группы – грейзенизированных гранитов и кварц-вольфрамитовых жил. Смешения растворов различного происхождения здесь не обоснованно.

Оценивая результаты изучения состава и редкоземельной специализации вольфрамита рассматриваемых месторождений отметим, что получены четкие новые его типохимические признаки сходства и различия, обусловленные изменениями условий их образования. Это же относится и к флюориту различных генераций.

На стр. 76 автор совершенно правильно указывает на то, что сопоставление содержаний РЗЭ в разных минералах напрямую невозможно, поскольку изоморфное вхождение определяется особенностями элемента и кристаллической структуры из этого положения делает вывод о необходимости сопоставления геохимической их специализации на основе учета коэффициентов распределения РЗЭ между минералом и флюидом, чему посвящены следующие, Пятая и Шестая главы диссертации. В Пятой главе сделана попытка реконструирования содержания РЗЭ во флюидах и получены их различные значения, которые проинтерпретированы как соответствующие «магматогенному» «экзогенному» и «смешанному». Определено, что в гидротермальной системе преобладал «магматогенный» флюид, а продуктивная стадия характеризовалась «смешением магматогенного флюида и экзогенных вод». Действительно, вероятность участия в формировании руд растворов, содержащих метеорную составляющую, может быть, но как, откуда и когда поступали эти компоненты, не показано и вопрос этот остается открытым.

В Шестой главе рассмотрена термодинамическая модель образования изученных вольфрамитовых месторождений. Выше уже указывалось, что основные процессы сводятся к: а) охлаждению гидротермальных флюидов, б) смешению флюидов различного состава и генезиса; в) их гетерогенизации в результате кипения. Основой расчета модели были составы магматогенного флюида и экзогенных растворов, их изменения на фоне снижения температуры. Основным недостатком подхода является оценка раствора, остающегося после выпадения главных минералов по мере снижения температуры, как экзогенного и возрастание его доли к концу процесса. Вряд ли при снижении температуры ниже 400 градусов Цельсия вольфрамит, касситерит и арсенопирит выпадают одновременно. Сульфиды всегда выделяются после вольфрамита, а основная часть кварца выделяется после рудных минералов.

Опыт расчета моделей, основанный на особенностях поведения редких земель в главных рудообразующих минералах и рудоносных растворах, как показано автором и её предшественниками, и их использования для познания процессов формирования месторождений олова и вольфрама, в целом весьма перспективен и, вероятно, может быть использован для термодинамических расчетов при изучении рудных месторождений, где в минералах присутствуют такие индикаторы рудогенеза как РЗЭ.

Однако, выводы о важной роли участия метеорных вод и процессов их смешения в процессе рудообразования, требуют решения проблемы механизма их циркуляции. Выводы относительно циркуляции растворов, из которых главными должны быть факторы, определяющие постоянство возобновления зон разуплотнения, которые в жилах большинства изученных месторождений не наблюдаются, почти всегда не имеют доказательств. Обычны лишь пострудные смещения, чаще всего, не содержащие жильного выполнения или содержащие поздние кварц-флюорит-карбонатные ассоциации в сочетании с хлоритом или глинистыми минералами. Непонятно, на чем основано утверждение о существовании трещинной зоны, которая «... благодаря постоянным тектоническим подвижкам, остается проницаемой для растворов все время формирования рудного тела».

Все эти представления о смешении магматогенного флюида с экзогенными водами звучат неплохо и правдоподобно. Но как на самом деле решить проблему проникновения метеорных вод на глубины в 1-3 км, где уже на расстоянии 300-400 м от верхнего контакта магматического очага температуры, судя по тем же минералотермометрическим исследованиям, достигали 300 и более градусов при давлениях до 450 МПа, автор не решается сказать, потому что термодинамически это невозможно. Как могли проникать экзогенные воды через этот температурный барьер, непонятно. Поскольку в минералах, слагающих высокотемпературные жильные ассоциации, действительно присутствует то или иное количество легких изотопов кислорода и протия, отрицать получаемые аналитические данные не имеет смысла, необходим другой подход к их интерпретации.

Скорее всего, соотношения изотопов кислорода и водорода, а также концентрации редких земель типичные для метеорных вод – явление остаточное от состава магм, которые возникали в результате переплавления осадочно-метаморфических горных пород земной коры под действием мантийного вещества.

В результате выполненного большого объема экспериментальных и теоретических исследований автором сформулировано 4 защищаемых положения.

Первое. Ну она уже его говорила, я повторять не буду. Скажу только, что первое защищаемое положение касается исключительно полученных экспериментальных данных и полностью обосновано фактическим материалом глав 3 и 4.

Второе защищаемое положение. Его повторю. **Расчет составов гидротермальных растворов показал, что развитие гидротермальных систем Иультин и Светлое сопровождалось изменением концентрации РЗЭ во флюиде. Такое изменение не наблюдается на месторождении Спокойнинское, что объясняется тем, что на всех стадиях концентрация РЗЭ во флюиде контролировалась растворимостью**

монацита гранитов. Первая часть этого положения, касающаяся состава гидротермальных систем месторождений Иультин и Светлое однозначно обоснована расчетами, основанными на фактуре глав 3 и 4, а также результатами расчетов, приведенных в главе 5. Однако, выводы о влиянии на состав растворов и их изменение во времени смешения магматической и метеорной составляющей требует дополнительных доказательств. Вторая часть этого положения, касающаяся влияния растворения монацита на состав растворов требует дополнительных собственных данных. Для того, чтобы определить факт и меру влияния содержания РЗЭ во флюиде в результате растворения монацита следовало бы определить количество монацита, используя формы и соотношение индивидов монацитов, в разной степени претерпевших растворение, а также показать, хватило ли этого монацита для определенного количества РЗЭ в вольфрамите и флюорите. Это конечно очень сложно сделать, но таких данных в диссертации нет. Поэтому утверждение диссертантки о том, что повышенное содержание легких РЗЭ « ... связано с увеличением растворимости монацита при образовании щелочных растворов» требует дополнительных доказательств.

Третье защищаемое положение - **По содержанию РЗЭ во флюиде реконструирована схема рудообразования на месторождении Иультин и Светлое. На первом этапе в гидротермальной системе преобладал магматогенный флюид. Продуктивная стадия характеризовалась смешением магматогенного флюида и экзогенных вод. В постпродуктивную стадию преобладали экзогенные воды.** Эта идея в самом общем виде без использования новых, полученных автором, оригинальных данных о составе редкоземельной части минералообразующего раствора, подтвердившего присутствие метеорных вод, было высказано предшественниками диссертантки. Но сам факт присутствия в рудообразующем растворе однозначных признаков метеорных вод еще не является однозначным доказательством смешения с ними магматогенного флюида. Выше эта проблема уже затрагивалась.

Четвертое защищаемое положение - **Рассчитана термодинамическая модель рудообразования на месторождениях Иультин и Светлое. Главным фактором отложения вольфрамита и касситерита является смешение магматогенного флюида с метеорными водами, прошедшими через взаимодействие с вмещающими породами. По пропорции смешения и отложения минералов рассчитано содержание РЗЭ в рудообразующем флюиде. Сопоставление составов, полученных в модели и реконструированных по составам минералов, позволило верифицировать результаты термодинамической модели.** В шестой главе приведено обоснование термодинамической модели и расчеты формирования минеральных ассоциаций в

жильном рудном материале при условии смешения магматического флюида с экзогенной составляющей. Они показали, что процесс минералообразования возможен при заданных составах минералообразующих растворов. Но происходит ли это вследствие смешения растворов однозначно не доказано. Поэтому как рабочую гипотезу предложенный автором вариант модели принять можно при условии продолжения исследований для доказательств существования её в природе.

Главным достижением автора и **научной новизной** рассматриваемой работы следует считать следующее:

- 1) совершенствование методов подготовки проб к анализу для определения содержания РЗЭ;
- 2) результаты детального изучения содержания редкоземельных элементов в минералах месторождений Иультин, Светлое и Спокойнинское,
- 3) оценку их концентраций в минералообразующих растворах с использованием коэффициентов распределения в системе минерал-флюид,
- 4) получение новых данных об эволюции минералообразующих растворов и их источниках на основе выявленных закономерностей изменения в содержаниях редких земель в главных рудообразующих минералах этих месторождений на новом материале,
- 5) расчет количественной термодинамической модели формирования высокотемпературного минералообразования с использованием РЗЭ в качестве геохимических индикаторов.

Практическая ценность заключается в новых данных, касающихся редкоземельной минерализации минералов рассматриваемых месторождений, совершенствовании методов анализа на редкие земли, что дает основание для использования типохимизма РЗЭ в теории и практике геохимических методов поисков полезных ископаемых.

Содержание реферата диссертации соответствует теме и раскрывает ее. Диссертация является завершенной научно-исследовательской работой. Личный вклад автора и его эрудиция в рассматриваемой области науки очевидны. Работа хорошо иллюстрирована и легко читается. Логически выстроена.

Основные результаты и выводы достаточно полно опубликованы в научной печати (18 публикаций, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах, а также 5 публикаций в материалах зарубежных конференций).

К числу замечаний и пожеланий, кроме указанных выше при обсуждении основных результатов работы, можно отнести следующее.

1. На стр. 53. Первый абзац сверху. Вместо «кристаллографический» размер иона следовало бы использовать термин «кристаллохимический»

2. На рис. 4.12 число горизонтов (V или VI). В пункте (б) непонятно, где флюорит продуктивной, а где пострудной стадии.

3. В Приложении, сформированном из таблиц, далеко не всегда их название соответствует содержанию. Так, таблица П8 названа «Редкоземельные элементы в породах месторождения Светлое», хотя наряду с ними приведены содержания тория и урана, Таблицы П13 и П14 по аналогии с другими названы «Микро-элементы», но приведены только содержания РЗЭ и нет данных по иттрию.

Несмотря на указанные дискуссионные положения диссертация Юлии Анатольевны Поповой свидетельствует о высоком профессионализме, владении современными методами исследований, способности ставить и решать научные задачи.

В работе приведено решение важной научной задачи по разработке геохимической модели поведения лантаноидов при формировании вольфрамитовых месторождений, связанных с редкометальными гранитами. Поэтому, как по объему, так и по содержанию и высокому теоретическому уровню работа «Геохимическая модель поведения лантаноидов при формировании вольфрамитовых месторождений» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Попова Юлия Анатольевна, достойна присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09-геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. Спасибо.

Борисов М.В.: Большое спасибо за столь тщательный и интересный отзыв, а теперь Андрей Михайлович, просим Вас (*отзыв оппонента прилагается*). Потом Юля будет отвечать на многочисленные вопросы.

Ковальский А.М.: В моем отзыве я пропущу содержательную часть и сразу зачитаю замечания, поэтому я немножечко покороче.

Мне очень понравилась эта работа, она выходит на мой взгляд за рамки просто квалификационной кандидатской работ. В ней есть все: и хорошая проработка литературы, и работа над коллекцией образцов природных. Геохимическая, минералогическая работа, есть большая такая часть экспериментальная, работа проведения геохимических исследований на современных аналитических приборах, результаты которых не вызывают никаких сомнений. Ну и финальное построение модели рудообразования минералогенеза на исследуемом месторождении.

Я тогда сразу с вашего позволения перейду к замечаниям.

В работе проводится изучение поведения химических элементов группы лантаноидов, поэтому обобщение интересующих элементов до группы редкоземельных элементов (РЗЭ) звучит не совсем корректно.

2) В работе очень не хватает отдельной главы с описанием экспериментального и аналитического оборудования и методик статистической обработки результатов измерений, использованных при выполнении исследования. Это не позволяет полно оценить полученные автором результаты.

3) В таблице 2.2 (страница 37) приводятся результаты определения содержаний элементов в вольфрамитах методом ИСП-МС после трех видов пробоподготовки: с избытком фторидов, с удалением фторидов и без использования фторидов. Разница в содержаниях иногда превышает порядок. Укладывается ли такое существенное различие в предположение об осаждении твердых фторидов этих элементов на стенках виал, при том что наблюдается противоположное распределение Th и U?

Следующее замечание. В разделе 3.2. (страница 41) описываются результаты экспериментального исследования коэффициентов распределения лантаноидов между флюоритом и флюидом. Из описания становится понятно, что всего было проведено несколько серий экспериментов. Однако несколько скомканное описание экспериментов и их результатов не позволяет интерпретировать результаты изучения равновесия флюорит - флюид. По результатам экспериментов сделан вывод о преобладании растворения минерала на первом этапе эксперимента при подходе к равновесию снизу, и начале этапа перекристаллизации флюорита спустя 10-15 суток (страница 43). Как можно объяснить такой эффект, учитывая постоянные условия эксперимента? Если принимать в во внимание процесс растворения флюорита в первые 10-15 дней эксперимента, то как можно объяснить снижение содержаний лантаноидов (рисунок 3.1, страница 42-43) в растворе в экспериментах с природным флюоритом Фл-01 Калангуйского месторождения, содержащего эти элементы (таблица 2.1, страница 35)?

Следующее замечание. Из рисунка 3.2 (страница 45) неясно, какие из флюоритов (из таблицы 3.2) использованы в расчетах. На рисунках представлено 7 составов, однако в таблице их всего 6. На рисунок 3.2 на диаграммах распределения элементов (особенно это хорошо видно для Ce и Tm) видно, что близким содержаниям элементов в минералах соответствует несколько существенно различающихся содержаний элементов в растворах. Возникает вопрос, какой критерий равновесия можно рассматривать для оценки результатов экспериментов?

Следующее. Значения K_D в системе шеелит/флюид, приведенные в таблице 3.4, на рисунке 3.5 и в тексте работы (страница 52) не соответствуют друг другу. На одном из

рисунков 3.5 или 3.6 перепутаны результаты опытов 1 и 2. Рисунок 3.6 плохо читается из-за отсутствия обозначений элементов, было бы целесообразно объединить эти два рисунка.

Следующее. При выделении двух генераций вольфрамита месторождений Иультин и Светлое, отличающихся соотношением ферберитового (Fe) и гюбнеритового (Mn) миналов обнаруживается путаница (рисунок 4.5 и 4.9). Видно несоответствие содержаний гюбнеритового минала в вольфрамитах, приведенных в тексте (страницы 55 и 64) и на рисунке 4.3 и 4.8.

Следующее. На странице 62 сообщается: «Не отмечено никаких изменений в поведении РЗЭ в вертикальном разрезе рудного тела (для месторождения Иультин). Вероятно, это связано с тем, что основным механизмом рудоотложения является смешение флюидов разного генезиса...» Однако, как можно интерпретировать существенную разницу в содержаниях, например, легких лантаноидов в вольфрамите который показан на рисунке 4.7а, страница 63?

Следующее замечание. На странице 78 сообщается: «Флюиды пострудной стадии, характеризуется самыми низкими содержаниями РЗЭ (0,219 ppm), обеднёнными элементами цериевой группы. Этот флюид не имеет европиевого минимума, в нем относительная распространенность РЗЭ убывает с увеличением номера (рисунок 5.1).» Вопрос - непонятно, какой спектр на рисунке отвечает приведенному описанию.

Ну и последнее замечание. Для более удобного восприятия информации содержания химических элементов в работе лучше приводить в одинаковых единицах.

Приведенные замечания не оказывают определяющего влияния на положительную оценку диссертации. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и является завершенной научной работой, содержащей аргументированное решение научной задачи, имеющей важное прикладное значение. Считаю, что представленная работа отвечает требованиям положения о порядке присуждения ученых степеней, и Попова Юлия Анатольевна заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. Спасибо.

Борисов М.В.: Большое спасибо. Юль, Юлия Анатольевна, давайте отвечать на многочисленные вопросы. Разбейте на группы. Давайте лаконично, но четко.

Попова Ю.А.: Повторять замечания?

Борисов М.В.: Да, только кратко, просто, чтобы было ясно, о ком идет речь.

Попова Ю.А.: Замечание ведущей организации о том, что в работе неясны методы оценки ТР- параметров процессов минерало- и рудогенеза.

В работе использованы литературные данные по гомогенизации флюидных включений и изотопным термометрам. Сущевская этим занималась, Татьяна Михайловна.

В качестве замечания следует отметить, что метод водных вытяжек дает усредненные значения для всех генераций флюидных включений.

Да, действительно, я с этим замечанием полностью согласна.

Не обоснован выбор параметров опытов – почему опыты проводили при температуре 350°C? Это связано с условиями минералогенеза на изученных месторождениях?

Эта температура соответствует продуктивному этапу месторождений Иультин и Светлое.

Почему в качестве реперных выбраны данные достаточно старой работы Raimbault (1985)?

К сожалению, наши эксперименты с флюоритом не позволили определить коэффициенты распределения, а с шеелитом – недостаточно данных.

Насчет замечаний в отзыве на автореферат от Калмыкова Антона Георгиевича: в работе приведены спектры распределения РЗЭ во флюиде по вытяжкам из кварца на месторождении Иультин (рисунок 8). На спектрах присутствует две зависимости для горизонта VII, одна с минимумом, другая без. Из текста и подрисуночных подписей не до конца ясно, почему появляется такое отличие.

В работе приводится рассуждение о европиевой аномалии как индикаторе генезиса флюида.

Следующее замечание: почему в работе нет модели Спокойнинского месторождения?

Отличительная черта флюидов Спокойнинского месторождения – гетерогенизация в системе вода-углекислота. Модель такого расслоения пока недостаточно разработана.

Также третье замечание - наличие небольшого количества ошибок в пунктуации.

С этим я согласна.

Борисов М.В.: Юль, ты бы сошла с этих штук, а то упадешь в конце концов. Тут 2 полу-трубы лежат, она на них прям.

Попова Ю.А.: По поводу отзыва Георгия Александровича.

Первое замечание было насчет использования термина экзогенный и метеорный флюид и что оно некорректно.

Этот термин мной в работе применяется только в литературном обзоре, где обсуждаются результаты работ Т.М.Сущевской. В этих работах под ним подразумевается гидротермальный раствор метеорного генезиса. В дальнейшем же это все называется экзогенными водами.

Борисов М.В.: Юль, извини, давай на принципиальные вопросы, ну что об этом говорить. У тебя там были принципиальные вопросы.

Ю.А. Попова: С коррекционными со всеми я согласна.

Борисов М.В.: Я тебя сбил. Извини.

Ю.А. Попова: Немножко.

Замечание, что только изотопный состав водорода доказывает участие метеорных вод на месторождении Светлое.

Я покажу слайд с картинкой. В общем, исходно магматический флюид не отличался от гранита в точке 0. При снижении температуры фракционирование происходит по линиям от 0-1 до 0-A в зависимости от соотношения вода-порода. Но составы минералов имеют другой изотопный состав, как по кислороду, так и по водороду. Такой сдвиг объясняет модель смешения, рассчитанная Михаил Юрьевичем Спасенных. Линия смешения на графике показана зеленой линией. Наши данные также подтверждают смешение, я не согласна с тем, что смешение ничем не подтверждено.

Неэффективность метода водных вытяжек.

В принципе этот метод был использован в работе для подтверждения расчетных концентраций. Несмотря на очевидные недостатки – включения разных генераций, неполное извлечение, загрязнение – полученные значения близки по порядку величин и имеют сходный характер распределения лантаноидов.

Замечание на счет того, что полученные коэффициенты распределения требуют дополнительных исследований.

Да, я согласна, поэтому далее в работе я использовала коэффициенты из работы Рэмбо.

Замечание, что флюорит, который мог образоваться из экзогенного флюида, встречен только на нижнем горизонте месторождения Иультин, где присутствие метеорных вод маловероятно.

При становлении Иультинского массива образовались цилиндрические и конические трещины контракции. Многие рудные жилы располагаются в серии трещин, субпараллельных контакту гранитов и роговиков. По изотопным данным наиболее проницаемой оказалась зона экзоконтакта, отвечающая нижнему горизонту.

Хватило ли монацита для определенного количества РЗЭ в вольфрамите и флюорите.

Такие расчеты были выполнены, но не вошли в работу. Оценка содержания монацита выполнялась по Th.

С редакционными замечаниями я согласна.

Насчет замечаний Андрея Михайловича: Первое замечание было, что в работе проводится изучение поведения химических элементов группы лантаноидов, поэтому обобщение интересующих элементов до группы редкоземельных элементов (РЗЭ) звучит не совсем корректно.

В работе действительно под редкоземельными элементами подразумевается La и лантаноиды, и это написано на странице 4 диссертационной работы, оно там оговаривается.

В работе очень не хватает отдельной главы с описанием экспериментального и аналитического оборудования и методик статистической обработки результатов измерений, использованных при выполнении исследования. Это не позволяет полно оценить полученные автором результаты.

Согласна. Экспериментальные и аналитические методики можно было объединить в одну главу.

Значит, в таблице 2.2 (стр. 37) приводятся результаты определения содержаний элементов в вольфрамите методом ИСП-МС после трех видов пробоподготовки: с избытком фторидов, с удалением фторидов и без использования фторидов. Разница в содержаниях иногда превышает порядок. Укладывается ли такое существенное различие в предположение о высаждении твердых фторидов этих элементов на стенках виал, при том, что наблюдается противоположное распределение Th и U?

Оксид вольфрама при разложении вольфрамита соосаждает торий, но не влияет на уран и лантаноиды. Избыток фторида растворяет оксид вольфрама, но наблюдаются потери редкоземельных элементов. Поэтому методика с осаждением оксида вольфрама была признана пригодной.

Борисов М.В.: Не зачитывай целиком замечания, а то у нас получается тройной повтор.

Попова Ю.А.: Неполнота описания экспериментов с флюоритом.

Эксперименты с флюоритом не были использованы для получения коэффициентов распределения и поэтому описаны в работе кратко. По этому поводу были 4-ое и пятое замечания.

По поводу K_D в системе шеелит/флюид. С этим замечанием я согласна.

Замечание по выделению генераций вольфрамита на месторождении Светлое.

Возможно, было необходимо выделять 3 генерации вольфрамита.

Как можно интерпретировать существенную разницу в содержаниях легких лантаноидов в вольфрамите?

Интерпретация содержания РЗЭ в вольфрамите проведена в 6 главе, где показано, что содержание легких лантаноидов определяется долей экзогенных вод.

Какой состав на рис. 5.1. соответствует описанию в тексте.

На рисунке 5.1. показана область составов флюидов, равновесных с флюоритом, но не отдельные составы, т.е. там показана только область. Один из составов, отвечающий образцу 415 с VII горизонта, соответствует этому описанию.

Последнее замечание, что для более удобного восприятия информации содержания химических элементов в работе лучше приводить в одинаковых единицах.

С ним я естественно согласна. Спасибо.

Борисов М.В.: Так, господа оппоненты вы удовлетворены ответами на ваши замечания?

Юргенсон Г.А.: Да.

Ковальский А.М.: Да.

Борисов М.В.: Очень хорошо. Юль, ты пока садись. А я объявляю общую дискуссию, и, если есть желание высказаться по поводу этой работы. Кто бы хотел это сделать?

Игорь Викторович, да.

Пеков И.В.: Очень коротко, поскольку я задавал вопросы. Хочу сначала сделать одно замечание. Хочу с того начать, что более или менее целостное впечатление о работе я получил после выступлений оппонентов. Вот это замечание к докладу, стало понятно что работа существенно лучше и интереснее того, что я услышал из доклада. Почему? Какие к докладу замечания: много фактуры и выводы, очень мало причинно-следственных связей. Доклад явно недоработанный, но сама работа очень хорошая, конечно, я буду голосовать за и призываю к тому же.

Борисов М.В.: Спасибо, кто бы хотел еще высказаться? Желающих больше нет.

Давайте я несколько слов скажу. Мы действительно заслушали интересную работу, разноплановую. Редко когда в каких-либо работах бывает, что присутствует несколько

элементов геохимических работ, которые были продемонстрированы здесь, а именно природные материалы, аналитические исследования разнообразны и термодинамическое моделирование. Методы разные, человек научился их использовать и достиг в этом определенной квалификации. Мы заслушали выступления оппонентов и отзывы на автореферат, они говорят о том, что мы можем считать, что работа состоялась.

Если больше нет желающих выступить, тогда я, Юлия Анатольевна, предоставляю вам заключительное слово.

Попова Ю.А.: Я хочу выразить благодарность своему научному руководителю Андрей Юрьевичу за помощь в проведение работы на разных ее этапах, Светлане Сергеевне Матвеевой за предоставленные образцы и обсуждение полученных результатов, также всем сотрудникам кафедры за помощь при проведении аналитических исследований, а также всем тем, кто содействовал в выполнении работы. Работа была поддержана грантами РФФИ и проектом РНФ. Спасибо за замечания оппонентам и спасибо за интересные вопросы от аудитории.

Борисов М.В.: Так, хорошо с этой частью мы закончили, теперь нам нужно опять решить вопрос с составом членов счетной комиссии и предложение остается в силе: Белоконева, Костицын, Коцуг. Кто за это предложение, прошу голосовать. Единогласно, Костицын правда, воздержался. Так что делаем технический перерыв, и прошу членов счетной комиссии поработать. Членов диссертационного совета подойти расписаться в ведомостях и проголосовать.

(После перерыва.)

Борисов М.В.: Так, насколько я понимаю, члены счетной комиссии закончили работу и готовы огласить материалы, результаты голосования. Дмитрий Гурьевич.

Коцуг Д.Г.: Членов совета 27, на заседание присутствовало 19-ть, по профилю рассматриваемой диссертации шесть членов ученого совета. Роздано бюллетеней 19-ть, осталось не розданных восемь. Оказалось в урне 19-ть, результаты голосования по присвоению степени: за - девятнадцать, против и недействительных нет.

Борисов М.В.: Значит, мы можем, члены дисс. Совета, давайте утвердим протокол. Все за, против нет, воздержавшихся нет.

Прежде, чем поздравить, мы давайте разберемся с заключением. Заключение было роздано, ко мне поступили замечания по поводу публикаций. Подкорректируйте при согласовании с Ириной Александровной. Давайте, все-таки, уберите эти 5-ть публикаций из перечня ВАК, сократите. У вас есть журнал Геохимия два раза, и вполне нам этого достаточно. Не нужно дразнить экспертный совет ВАК. И тогда может быть скорректировать, а то получилось 5-ть публикаций из перечня ВАК, всего работ 18-ть, и

тезисов 18-ть. Разберись, пожалуйста, с этим. Других замечаний вроде бы нет. В первом приближении мы можем это принять, и проголосуем за принятие вот этого проекта решения, в котором надо поправить публикации. Кто «за»? Прошу голосовать. Все «за», воздержавшихся – «нет»: против - «нет».

Какие-нибудь замечания по ведению заседания возникли или вопросы? Не возникли, вот теперь, мы, Юлия Анатольевна, можем тебя поздравить с тем, что защита твоя прошла успешно, и поздравляем.

Большое спасибо всем членам диссертационного совета, давно у нас не было 2-х защит.

Таким образом, прослушав и обсудив материалы диссертации, диссертационный совет пришел к заключению, что на основании выполненных соискателем исследований:

для олово-вольфрамовых месторождений Иультин и Светлое, а также вольфрамового месторождения Спокойнинское:

проведено систематическое изучение содержания РЗЭ в гидротермальных минералах;

установлена концентрация этих элементов в гидротермальном растворе с использованием коэффициентов распределения минерал-флюид.

установлена эволюция гидротермального флюида и определен его источник;

выявлены закономерности эволюции состава минералов и гидротермальных растворов при рудообразовании на новом материале по трем месторождениям Иультин, Светлое, Спокойнинское;

разработана количественная термодинамическая модель формирования высокотемпературного рудообразования для месторождений Иультин и Светлое, учитывающая поведение редкоземельных элементов;

построена 2-х этапная термодинамическая модель для месторождения Светлое. Модель позволила описать поведение РЗЭ при формировании месторождений и показала применимость этих элементов в качестве геохимических индикаторов.

выявлены главные факторы отложения вольфрамита и касситерита - смешение магматогенного флюида с метеорными водами, прошедшими через взаимодействие с вмещающими породами. Сопоставление составов, полученных в модели и реконструированных по составам минералов, позволило верифицировать результаты термодинамической модели.

Практическая значимость. Результаты работы позволят расширить индикаторные возможности применения лантаноидов при использовании геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых. Разработанный подход создает научные основы разработки геохимических индикаторов для исследования зональности гидротермальных месторождений.

Оценка достоверности. Достоверность результатов определяется использованием современных методов анализа, сопровождаемых метрологическими исследованиями и межлабораторным контролем. В части термодинамического моделирования достоверность результатов определяется применением современного программного обеспечения и актуальных термодинамических баз данных.

Личный вклад соискателя. Личный вклад автора был решающим на всех этапах работы, начиная от постановки задач, обработки фактического материала, картографирования, интерпретации полученных результатов и до формулирования выводов.

На заседании 10 февраля 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Поповой Юлии Анатольевны ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, проголосовали: за присуждение ученой степени 19, против — нет, недействительных бюллетеней — нет.

И. о. председателя диссертационного совета

Борисов М.В.

Ученый секретарь диссертационного совета

Киселева И.А.

Ученый секретарь геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Зайцева О.М.

10.01.2017