

ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАГЕНИЯ И ПЕТРОЛОГИИ НА II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПАМЯТИ АКАДЕМИКА А.П. КАРПИНСКОГО

Н.И. Гусев, А.И. Гусев¹

Всероссийский геологический институт, г. Санкт-Петербург

¹ Алтайская государственная академия образования, г. Бийск

Представляем краткий обзор материалов докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, посвященной памяти академика А.П. Карпинского, проходившей во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А.П. Карпинского (ФГУП «ВСЕГЕИ») 8-11 февраля 2011 года. В материалах отражены проблемы общей и региональной геологии, стратиграфии, минерагении твердых полезных ископаемых, петрологии, геохимии и геохимических методов поисков полезных ископаемых, геологии и геохимии горючих полезных ископаемых, изотопно-геохимических и геохронологических методов, геоинформатики, геофизики и геофизических методов поисков полезных ископаемых. Охвачены самые различные регионы России и зарубежных стран.

Прежде всего, отметим доклады по территории Республики Алтай и Алтайскому краю.

В разделе «МИНЕРАГЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ» представлено 3 доклада по указанной территории.

Доклад аспиранта Табакаевой Е.М. «Состав рудообразующих флюидов месторождений белокурухинского комплекса Алтая». В сообщении представлены результаты анализа газово-жидких включений в кварцах разных генераций Осиновского, Осокинского, Казандинского и Токаревского месторождений белокурухинского комплекса. Установлен существенно углекислотно-водный состав рудообразующих флюидов, что указывает на мантийную, трансмагматическую природу флюидов, имеющих большое значение для переноса рудных компонентов. К продуктивному кварцу Калгутинского и Мультчихинского месторождений по многим параметрам наиболее близок состав рудообразующих флюидов Осиновского месторождения.

Редкометалльное оруденение на территории распространения интрузий белокурухинского комплекса имеет тесную пространственную и парагенетическую связь с его заключительными фазами внедрения – лейкогранитами и лейкогранитами с флюоритом, а также пегматитами. Это обусловлено тем, что лейкограниты формировались в условиях высокой флюидонасыщенности в результате мантийно-корового взаимодействия по типу расплав-трансмагматические флюиды, обогащённые летучими компонентами, в особенности фтором, плюмовой природы. В настоящее время с помощью термобарогеохимического анализа газово-жидких включений (ГЖВ) кварцев разных генераций из рудных жил и кварцево-грейзеновых тел Осиновского, Осокинского, Казандинского и Токаревского месторождений получены данные о составе рудообразующих флюидов.

Сравнение результатов анализа показало, что кварц 1 генерации характеризуется более высокими концентрациями углекислоты, воды, CO, суммы CO₂+H₂O, и меньшими значениями коэффициента восстановленности флюидов. По многим параметрам состав флюидов кварца 1 генерации Осиновского месторождения близок к продуктивному кварцу Калгутинского и Мультчихинского месторождений.

По данным термобарогеохимического анализа ГЖВ кварца из жил *Осокинского месторождения*, основные компоненты включений - вода и уголекислота - содержатся в значительно меньших количествах, чем в Калгутинском месторождении на Юго-Востоке Горного Алтая. Обращает на себя внимание резко повышенное содержание азота в составе ГЖВ кварца Осокинского месторождения, превышающее во много раз таковое в кварце Казандинского и Токаревского месторождений. Это может свидетельствовать о достаточно открытой системе, в которой происходило формирование руд Осокинского месторождения.

Результаты термобарогеохимического анализа кварцев *Казандинского месторождения* показывает, что состав ГЖВ в кварце Казандинского месторождения существенно углекислотно-водный с небольшими примесями C_2H_2 , C_2H_6 , N_2 , CO , CH_4 . Суммарное количество газов варьирует от 136 до 331 мг/кг. Коэффициент восстановленности флюидов колеблется от 1,3 до 6,3.

По данным термобарогеохимического анализа ГЖВ кварца из жил *Токаревского месторождения*, включения воды и уголекислоты содержатся также в значительно меньших количествах, чем в Калгутинском месторождении на Юго-Востоке Горного Алтая. Обращает на себя внимание резко повышенное содержание азота в составе ГЖВ кварца Токаревского месторождения, превышающее во много раз таковое в кварце Казандинского месторождения. Это может свидетельствовать о достаточно открытой системе, в которой происходило формирование руд Токаревского месторождения. Состав ГЖВ серого «льдиного» кварца молибденового (проба 3) и вольфрамового участков (пробы 4-9) довольно близок, отличия в несколько большем содержании воды и общей составляющей флюида и меньшей величине коэффициента восстановленности флюида ГЖВ кварца вольфрамового участка. Белый (поздний) кварц молибденового участка (пробы 1 и 2) характеризуется резко повышенным (более чем в 2 раза) содержанием воды и уголекислоты, более низким коэффициентом восстановленности флюида и более высоким отношением CO_2/H_2O , что характерно для поздних генераций минералов. Основные компоненты включений H_2O и CO_2 содержатся в жильном кварце в значительно меньших количествах, чем в жилах Калгутинского месторождения.

Таким образом, состав газовой-жидких включений в кварце месторождений, связанных с белокурухинским комплексом, существенно углекислотно-водный, что указывает на мантийную, трансмагматическую природу флюидов. Высокоуглеродистые изначально восстановленные флюидные системы Ф.А. Летников связывает с возникновением плюмов. К продуктивному кварцу Калгутинского и Мульчихинского месторождений по многим параметрам наиболее близок состав рудообразующих флюидов Осиновского месторождения.

Доклад аспиранта Белозерцева Н.В. на тему «**Новые данные Мульчихинского месторождения Талицко-Башлаковского рудного района**». В данном сообщении освещается рудоносность Мульчихинского месторождения. Приводятся новые данные о концентрации элементов в монофракциях вольфрамита и молибденита. Мульчихинское месторождение расположено в 30 км западнее с. Солонешное на левом склоне р. Мульчихи, впадающей справа в р. Сибирячиху (левый приток р. Ануй). Высотная отметка - около 1025 м. Месторождение открыто в 1942 г. А.И. Александровым и разведывалось до 1956 г. непрерывно: с 1942 по 1946 гг. - Плотбищенской ГРП треста «Запсибцветметразведка» НКЦМ и МЦМ; с 1946 по 1956 гг. - Горно-Алтайской ГРП треста «Запсибметаллгеология» (с 1948 г. ЗСГУ Мингео СССР). В 1986-87 гг. выполнены геохимические работы (Северо-Талицкая ГСП САЭ ЗСГУ).

Месторождение приурочено к краевой части Талицкого гранитного массива, сложенного в пределах рудного поля гранит-порфирами и аплитовидными гранитами, постепенно переходящими в биотитовые. Гранитоиды на месторождении относятся к боровлянскому комплексу среднего девона. Мульчихинское месторождение является комплексным молиб-

ден-вольфрамовым. Жильные минералы: массивный, крупнозернистый с жирным блеском кварц, темнозеленый тонкошестоватый турмалин, полевой шпат, мусковит, реже биотит. Из рудных присутствуют вольфрамит, шеелит, молибденит, пирротин, арсенопирит, пирит, халькопирит, железистый сфалерит, реже галенит, висмутин, эмплектит, самородный висмут; супергенные - лимонит, повеллит, бисмутит, скородит, марказит, тунгстит и вольфрамовые охры.

Грейзены на месторождении сложены пневматолито-гидротермальными образованиями, формировавшимися в несколько стадий минерализации. Ранняя грейзеновая ассоциация сложена кварцем 1 генерации - крупногранобластовым с обильными и крупными газо-жидкими включениями. Изредка отмечаются трёхфазные включения с твёрдой фазой, представленной кристалликами каменной соли. Мусковит образует длинные чешуйки и листочки, которые покрыты по краям гидрооксидами железа. Редко отмечается альбит и молибденит. Основная масса вольфрамита приурочена именно к этой генерации кварца. Мусковит 2 генерации обладает едва заметным плеохроизмом в голубоватых тонах. Формы выделений его – близкие к изометричным листочки. Иногда отмечается циркон. Кварц 2 генерации мелкогранобластовый, прозрачный.

Вольфрамит в рудных телах распределен неравномерно и образует гнездообразные скопления, приуроченные, главным образом, к центральным частям наиболее сильно минерализованных зон. Зерна вольфрамита достигают размера по длинной оси до 15-18 см, а в поперечнике - 1,5 - 2 см (преобладающая длина кристаллов – 1 - 5 см). Кинетическим методом анализа, выполненным в Отделе научно-производственных аналитических работ Института минералогии, кристаллографии, геохимии редких элементов (ФГУП «ИМГРЭ»), г. Москва) в монофракции вольфрамита из грейзенов определены очень низкие концентрации рения – 0,076 г/т. Методом ICP-MS, выполненным в той же Лаборатории, в вольфрамите (доминирующая фаза – ферберит) зафиксированы концентрации (в г/т): Be – 10,5, Ti – 1448, V – 85,5, Cr – 113, Mn – 2997, Co – 7,54, Ni – 174, Cu – 1152, Zn – 284, Ga – 71,9, Rb – 13,5, Sr – 93,0, Y – 11,5, Zr – 20,5, Nb – 27,8, Mo – 503, Cd - < 0,002, Cs – 5,75, Ba – 171, La – 4,42, Ce – 8,79, Pr – 0,938, Nd – 3,24, Sm – 0,755, Eu – 0,326, Gd – 0,846, Tb – 0,2, Dy – 1,53, Ho – 0,475, Er – 2,13, Tm – 0,537, Yb – 4,55, Lu – 0,956, Hf – 0,599, Ta – 3,73, Pb – 1750, Th – 4,91, U – 1,43. Уран-ториевое отношение составляет 0,29.

Молибденит встречается во всех зонах, образуя небольшие гнезда, наблюдается также в виде вкрапленности в кварце и околожильных грейзенах. Последние имеют мощность первые десятки сантиметров, увеличиваясь вблизи раздувов жил. Розетки молибденита имеют диаметр 0,5-2,0 см. Кинетическим методом анализа в монофракциях молибденита определены концентрации рения от 2,09 до 13,0 г/т. Методом ICP-MS в молибдените зафиксированы концентрации (в г/т): Be – 4,86, Ti – 247, V – 56,9, Cr – 43,4, Mn – 57,3, Fe – 3322, Co – 4,82, Ni – 243, Cu – 201, Zn – 106, Ga – 2,03, Rb – 13,8, Sr – 68,3, Y – 37,4, Zr – 38,9, Nb – 1,88, Cd – 20,9, Cs – 6,3, Ba – 185, La – 15,2, Ce – 36,5, Pr – 4,5, Nd – 19,2, Sm – 6,19, Eu – 0,296, Gd – 6,64, Tb – 1,24, Dy – 7,7, Ho – 1,58, Er – 4,56, Tm – 0,742, Yb – 4,99, Lu – 0,7, Hf – 2,18, Ta – 0,199, Pb – 389, Th – 15,2, U – 9,39. Уран-ториевое отношение составляет 0,62.

Таким образом, молибденит Мульчихинского месторождения, в отличие от вольфрамита, характеризуется более высокими концентрациями рения и редких земель (La, Ce, Y, Gd), урана, тория и уран-ториевым отношением.

Центральный участок расположен на крутых бортах долины р. Мульчихи и может разрабатываться штольнями. Разработка на участках ниже дна долины р. Мульчихи возможна шахтами. Верхние части рудных тел могут отработываться открытыми работами на глубину 15-20 м. Гидрогеологические условия эксплуатации месторождения в связи со слабой обводненностью элювиально-делювиальных отложений и коренных пород и с возможной отработкой участка штольнями и открытыми выработками специальных водоотливных устройств не потребуют. Южный участок, расположенный в долине р. Мульчихи, может отра-

батываться шахтами вне пределов долины. Приток воды в ствол шахты на глубине 100 м ожидается в объёме 2 куб. м./час. Разработка месторождения велась на Центральном участке в рудной зоне I системой штолен на 3-х горизонтах. В 1954 году на обогатительную фабрику подано 13264 т товарной руды с содержанием триоксида вольфрама 0,162 % и молибдена 0,077 %, от переработки которой получено 25 т 60-процентного вольфрамового промпродукта и 14 т 51-процентного молибденового.

Запасы месторождения на 01.02.1952 г. оцениваются по категориям В+С1 - триоксида вольфрама - 1842,2 т при среднем содержании 0,35 %, молибдена - 473,3 т (0,10 %); по категориям С2 - триоксида вольфрама - 430,3 т (0,23 %), молибдена - 85,6 т (0,05 %); прогнозные ресурсы триоксида вольфрама - 4000 т, молибдена - 1200 т. С 1944 г. до 1950 г. Колыванским РУ добыто 117,2 т 65-процентного вольфрама и 29,9 т молибденового концентрата. Добыча велась до 1960 г. В 1993 г. выполнен подсчет прогнозных ресурсов триоксида вольфрама категории Р2 по геологическим (8,7 тыс. т) и геохимическим (7,4 тыс. т) данным.

В докладе Третьяковой И.Г. и Борисенко А.С. (Новосибирск) «**Благородные металлы в рудах гидротермальных кобальтовых месторождений**» также приведены данные по золотоносности месторождений Горного Алтая.

На основе большой коллекции кобальтовых руд из разных типов кобальтовых месторождений АССО (Хову-Аксы, Абаканское, Владимировское, Каракуль, Асхатин-гол и др.), Тяньшаня (Актепе, Акджилга), Марокко (Бу-Аззер, Тамдрост, Мишуи) и Рудных гор (Яхимов) было проведено изучение содержания в них Au, Ag, Pt, Pd, Rh. Комплексное изучение состава руд гидротермальных кобальтовых месторождений Алтае-Саянской складчатой области показало, что в рудах часто присутствуют золото, серебро и элементы платиновой группы (ЭПГ), содержания которых достигают промышленных. При этом наиболее высокие концентрации платиноидов и золота отмечаются на высокотемпературных Со-As месторождениях, тогда как руды среднетемпературных Ni-Co-As объектов зачастую обогащены серебром. Повышенные содержания серебра характерны и для наиболее низкотемпературных Cu-Co-As месторождений, в рудах которых концентрации золота и ЭПГ редко превышают десятые доли процента.

Среди всего многообразия собственно кобальтовых месторождений выделяются три главных генетических типа: кобальтовые сульфоарсенидные (Со-As), никель-кобальтовые арсенидные (Ni-Co-As) и медно-кобальтовые сульфосольно-сульфоарсенидные (Cu-Co-As).

Со-As месторождения (Владимировское, Абаканское, Акджилга, Никель-Плейт, Ковбой Майн и др.) являются наиболее высокотемпературными и представлены скарнами или другими метасоматитами с сульфоарсенидной (кобальтин, глаукодот, Со-арсенопирит и др.) минерализацией, как правило золотоносной – от 1-2 до п.10 г/т.

Ni-Co-As месторождения являются низкотемпературными образованиями, их руды сложены карбонатно-арсенидными жилами, часто комплексными по составу рудных компонентов (Ni, Co, Ag, U, Bi, Cu As). По соотношению этих компонентов выделяются несколько субтипов (субформаций):

- *Ni-Co-As* (Ховуаксы, Кызыл-Оюк, Тамдрост, Аргбар и др), в рудах которых главными компонентами являются Ni и Со;

- *Ag-Ni-Co* (район Кобальт в Онтарио, Конгсберг в Норвегии, Акол в Туве и др.), для которых главным компонентом руд является Ag, а Ni и Со - второстепенными;

В рудах *Ni-Co-Bi-Ag-U* месторождений (Порт-Радий, Эльдорадо, Яхимов, Актепе и др.), относимых к «пятиэлементной» формации, промышленно-полезными компонентами являются все пять элементов; руды Cu-Co-As (Узун-Ой, Моген-Бурень, Хараджуль и др.) также являются низкотемпературными и представлены минерализованными зонами, жилами и штокверками кварц-карбонатного состава с теннантитом, сульфоарсенидами и арсе-

нидами Ni и Co. Главными компонентами руд являются Cu, Ni и Co, иногда Bi и Ag.

Выделенные типы кобальтового оруденения проявляются в разных рудных провинциях как в «чистом» виде, пространственно обособлено и независимо друг от друга, так и совместно, образуя сложные по составу рудные узлы и месторождения с многоэтапной историей формирования. Примерами обособленного проявления Co-As оруденения являются месторождения Владимирское, Каракульское (Алтай), Дашкесан (Кавказ), Верхне-Сейчанское (СВ России), Блекбирд (Айдахо, США), Никель-Плейт (Канада) и другие. К примерам обособленного развития Ni-Co-As оруденения разных субформаций можно отнести многочисленные месторождения Канады (район Большого Медвежьего озера и Кобальт), ряд месторождений Центральной Европы, Анти Атласа в Марокко, Актепе в Киргизии, а также Акол, Узун-Хем и др. в Туве. Самостоятельные Cu-Co-As месторождения широко развиты в Алтае-Саянской кобальтовой провинции (Узун-Ой, Хараджульское, Серилигское и др.). Вместе с тем известны многочисленные примеры кобальтовых месторождений, в которых пространственно совмещены разные типы оруденения, различающиеся по времени формирования: Ховуаксинское, Со-Абаканское, Асхатиингольское в АССО (Co-As + Ni-Co-As + Cu-Co-As), Акджилга в Киргизии, Карагемское (Алтай), Шаланш (Франция) и др. (Co-As + Ni-Co-As), Кызылоюкское, Могенбуреньское (Ni-Co-As + Cu-Co-As) и другие.

На основе большой коллекции кобальтовых руд из разных типов Со месторождений АССО (Хову-Аксы, Абаканское, Владимировское, Каракуль, Асхатин-гол и др.), Тяньшаня (Актепе, Акджилга), Марокко (Бу-Аззер, Тамдрост, Мишуи) и Рудных гор (Яхимов) было проведено изучение содержания в них Au, Ag, Pt, Pd, Rh. Учитывая известные сложности анализа этих элементов в арсенидных рудах, были использованы разные методы анализа: атомная абсорбция (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск), микропробирный анализ (БГИ СО РАН, г. Иркутск), вольтамперометрический (ТПУ, г. Томск) и сцинтилляционный вариант атомно-эмиссионного анализа с использованием двухструйного плазмотрона (ИГХ СО РАН, г. Иркутск). Использование различных методов анализа благородных металлов в одной и той же коллекции проб дает возможность сопоставить результаты разных аналитических методов и верифицировать полученные данные.

Комплексное изучение состава руд гидротермальных кобальтовых месторождений Алтае-Саянской складчатой области показало, что в рудах часто присутствуют золото, серебро и элементы платиновой группы, содержания которых достигают промышленных. В рудах большинства изученных месторождений присутствует Pd, в максимальных количествах - в высокотемпературных Со-As рудах, отличающихся повышенными содержаниями Cu, Mo, Au: до 1,08-1,65 г/т (Владимировское, Акджилга, Со-содержащие скарновые руды в экзоконтакте Максутского Cu-Ni-носного массива и др.). Такие же содержания этих элементов установлены в Со-содержащих рудах Au-скарнового месторождения Куру-Тегерек в Киргизии. В Cu-Co-As рудах Pt и Pd присутствуют в количествах $n \cdot 0,01$ г/т и только на месторождении Хараджуль в Хакасии их содержания достигают: Pd - 0,96 г/т, Pt - 0,12 г/т. Для руд Ni-Co-As месторождений Pt и Pd отмечаются в невысоких и примерно равных количествах, достигая 0,24 и 0,23 г/т соответственно. Близкие содержания Pt и Pd установлены и для Ni-Co-As месторождения Бу-Аззер в Марокко. Минеральные формы нахождения Pt и Pd в рудах изученных Со месторождений установить не удалось из-за мелких размеров зерен (менее 15 мкм), хотя сцинтилляционный анализ показал преобладание среди крупных частиц фаз обогащенных Pd. В рудах месторождения Куру Тегерек установлены паторит (PtHg), самородные Pt и Pd, купроплатина, сперрилит, порпечит, аллопалладий, палладит и другие.

Изучение содержаний Au по той же выборке Со месторождений, что и при анализе руд на ЭПГ, показало сходный характер распределения этого элемента. В рудах изученных нами объектов наиболее высокие содержания золота установлены для Со-As месторожде-

ний: Ховуаксинское (доарсенидные кобальтоносные скарны (ранний этап) – 0,1 - 17 г/т; Светлое, Кок-Куль (ЮВ Алтай) – 0,2-10 г/т, Каракульское - 0,1 - 5 г/т; Владимировское – до 4 г/т; Акджилга – до 80 г/т и т.д. Co-As месторождения Акджилга, а также Никель Плейт, Блекбирд, Шаланш и другие выделяют как промышленные золото-кобальтовые.

Так, на месторождении Акджилга в Киргизии балансовые запасы золота составляют 50 т, прогнозные ресурсы – около 100 т. Ni-Co-As месторождения характеризуются более низкими содержаниями Au и крайне неравномерным его распределением в рудах. Содержания золота для Ni-Co-As руд, пространственно обособленных от других типов Co и золотого оруденения, обычно не превышают 0,5 г/т, редко достигая 1-2 г/т (м-ния Канады, Конгсберг, Яхимов, Аннаберг, Шнееберг, Акол, Узунхем и др.). При совмещении и наложении арсенидных руд на более раннюю золотоносную Co-As (Ховуаксинское, Асхатиингольское, Акджилгинское и др.) или золоторудную минерализацию (Бу-Аззер) в них устанавливаются более высокие содержания этого элемента (5-10 и более г/т) при крайне неравномерном его распределении. Cu-Co-As оруденение по многочисленным определениям отличается низкими содержаниями золота, обычно не превышающими 1 г/т.

Преимущественно золото в рудах кобальтовых месторождений находится в самородной форме (золото разной пробы, амальгамы Au), реже встречаются теллуриды. Самородное золото во всех проанализированных пробах характеризуется повышенными содержаниями ртути: Акджилга – 0,5-5 мас. %, Ховуаксинское - до 0,5 %, Куру Тегерек – до 7,5 %. Золото во всех типах Co месторождений тонкое или тонкодисперсное и размеры его зерен редко превышают 100 мкм.

Многими исследователями отмечалось присутствие значительных количеств серебра в рудах кобальтовых месторождений АССО. Обзор литературных данных и выполненные геохимические исследования показали, что высокотемпературные руды Co-As месторождений характеризуются невысокими содержаниями серебра, как правило не превышающими 100 г/т (среднее около 40 г/т). Более высокие его концентрации отмечаются при наложении на такие руды позднего низкотемпературного, как правило, серебрясодержащего Ni-Co-As или Cu-Co-As оруденения (Ховуаксинское, Абаканское, Акджилга, Блекбирд и др.). Cu-Co-As месторождения характеризуются переменными содержаниями серебра от 10 до 400 г/т. Минеральными формами его нахождения в рудах являются в основном сульфосоли Cu, Pb и сульфиды и сульфосоли Ag и редко Ag самородное. Наиболее высокими содержаниями серебра отличаются Ni-Co-As месторождения от $n \cdot 100$ г/т до $n \cdot 10$ кг/т. По вариациям его содержания в рудах принято выделять: Ag-содержащие Ni-Co-As (Ховуаксинское, Асхатиингольское, Бу-Аззер и др), Ag-Ni-Co (район Кобальт в Онтарио, Конгсберг, Акол и др.) и Ni-Co-Bi-Ag-U месторождения «пятиэлементной» формации. Минеральными формами нахождения серебра в рудах этой группы Co месторождений являются его самородная форма, относящаяся на Ag-содержащих Ni-Co-As месторождениях к числу редких или второстепенных, а на Ag-Ni-Co и Ni-Co-Bi-Ag-U – главных минералов руд, также сульфосоли Cu, Pb, Ag и реже сульфиды и теллуриды серебра. Характерно, что самородное серебро в рудах этой группы месторождений отличается наличием повышенных содержаний Hg и Sb, что является его типоморфным признаком для кобальтовых руд. Так, содержания ртути в серебре месторождения Кобальт составляет – 0,4-8,1 мас.%, Камсел Ривер – 1,5-4,3 мас.%, Эко Бей – 0,23- 1,82 мас.%, Конгсберг – до 5 мас.%. Ртутистое серебро и его амальгамы установлены на месторождениях Актепе, Бу-Аззер, Яхимов, Тандер Бей и других.

Выявленные особенности распределения благородных металлов в рудах кобальтовых месторождений могут быть объяснены влиянием разных факторов, среди которых наиболее важными являются состав магматических комплексов, с которыми ассоциирует оруденение, пространственное совмещение разных типов кобальтовой минерализации, полигенность источников рудного вещества, физико-химические факторы рудоотложения и т.д.

По разделу «*ПЕТРОЛОГИЯ*» интерес представляет сообщение Вовшина Ю.Е. (ВСЕ-ГЕИ) «**Стадии и длительность становления Юстыдского гранитного массива (Горный Алтай)**». Юстыдский гранитный массив располагается в одноименном прогибе Юго-Восточного Алтая. Петрографические, минералогические, петрохимические, геохимические, термо-барометрические и изотопно-геохимические исследования позволяют выделить две стадии становления Юстыдского массива: магматическую и постмагматическую. По результатам датирования U-Pb методом (SRIMP II) можно предполагать, что длительность становления Юстыдского массива составляет около 5,5 Ма. Гранитные интрузии юстыдского комплекса располагаются в одноименном прогибе юго-восточного Алтая. В состав комплекса входят: Богутинский, Юстыдский, Барбургазинский, Тоштуозекский, Тургеникольский массивы, которые конформно располагаются в структуре прогиба в виде цепочки тел субмеридионального простирания. Гранитные массивы прорывают мощную (до 8 км) толщу осадочных отложений (юстыдская серия), охватывающих живетский, франский и фаменский ярусы и разделенных на три свиты: ташантинскую (D₂), барбургазинскую (D₂₋₃) и богутинскую (D₃).

Юстыдский массив по своим структурным, петрографическим и петрохимическим особенностям является типоморфным для юстыдского комплекса. В 2008 году автором были проведены целенаправленные маршрутные исследования в северо-западной экзо- и эндо-контактной части Юстыдского массива, в результате которых по макроскопическим особенностям состава и строения (текстура) удалось выделить 8 фациальных разновидностей пород, которые в непрерывном разрезе от экзоконтакта к центральной части массива постепенно сменяют друг друга. Выделены фации: порфировидных крупнозернистых биотитовых гранитов; среднезернистых биотитовых гранитов лейкократовых; мелко-среднезернистых гранитов лейкократовых; среднезернистых равнозернистых гранитов лейкократовых; средне-равнозернистых биотитовых гранитов лейкократовых; мелкозернистых биотитовых гранитов; среднезернистых мезократовых гранитов. Дополнительным критерием выделения разновидностей гранитов являлось наличие и степень наложенных изменений.

По совокупности петрографических признаков данные фациальные разновидности объединены в ряд зон. Внутренняя зона представлена слабо измененными хорошо раскристаллизованными разностями гранитов. Эталонными для выделенной зоны являются крупнозернистые биотитовые и биотит-роговообманковые лейкограниты с крупными (до 6 см) порфировидными выделениями калиевого полевого шпата. Минеральный состав: Qu 30-40 %, KFsp 35 %, Pl 20-25 %, Bt 10-15 %. Отличительной чертой гранитов данной зоны является наличие зерен голубого кварца (5-10 % по массе), которые равномерно распределены по объему и имеют размеры до 1,5-2 см.

Переходная (промежуточная) зона представлена мелкозернистыми, средне-мелкозернистыми биотитовыми гранитами лейкократовыми. Минеральный состав: Qu 30-45 %, KFsp 30-35 %, Pl 20 %, Bt около 5 %. Текстурно-структурной особенностью выделенной зоны является наличие локальных зон протоклаза. По протокластическим изменениям часто проявляется грейзенизация (45-50 % объема гранитов). Особенности протокластических изменений значительно четче диагностируются при петрографических наблюдениях. Общая гипидиоморфная структура гранитов в зонах протоклаза локально осложняется агрегативными образованиями преимущественно кварцевого и кварц-полевошпатового состава, ксеноморфной структуры. Мелкозернистость, корродированность зерен продообразующих минералов, сутурность границ кварцевых зерен и их волнистое угасание – это одни из основных петрографических признаков выделения зон протоклаза.

Внешняя зона представлена средне-мелкозернистыми, неравномернозернистыми лейкогранитами и мезогранитами. Минеральный состав: Qu 30-35 %, KFsp 25-30 %, Pl 20 %, Bt 10-25 % (до 35-40 % в мезократовых разностях). В типичных гранитах данной зоны порфи-

ровидные выделения полевого шпата составляют не более 5 % по массе, а их размеры - не более 1 см. Зерна голубого кварца, по сравнению с гранитами внутренней зоны, здесь встречаются гораздо реже и не превышают размеров 0,5-0,7 см. По гранитам внешней зоны так же можно наблюдать процессы постмагматической грейзенизации (локально до 30 % по массе).

Петрографические, минералогические, петрохимические, геохимические, термобарометрические и изотопно-геохимические исследования позволяют выделить две стадии становления Юстыдского массива: магматическую и постмагматическую. Результаты изучения газово-жидких включений в кварце, цирконометрия и полученные U/Pb датировки дали возможность установить параметры температуры, давления и времени становления массива на магматической и постмагматической стадиях.

По результатам термобарометрических исследований и интерпретации полученных данных установлено:

– граниты внутренней зоны кристаллизовались при давлении 2,3-2,5 кбар (глубина около 4,5–5,5 км), а температура гомогенизации флюидных включений в кварце равна 460 °С.

– граниты переходной зоны кристаллизовались в условиях давления в 1,8-1,9 кбар (глубина около 3 - 4 км) и температуре 355-360 °С.

– граниты внешней зоны кристаллизовались в условиях давления в 0,8-1,2 кбар (глубина около 1,5 - 2 км); температура гомогенизации флюидных включений в кварце равна 315-205 °С.

Для получения параметра времени становления Юстыдского массива на магматической и постмагматической стадии был использован уран-свинцовый метод датирования (SHRIMP II). Из эталонных проб каждой из зон были выделены мономинеральные фракции цирконов. По морфологическим признакам произведен отбор типоморфных цирконов из неизменных гранитов, грейзенизированных и протоклазированных разновидностей.

Прозрачные цирконы из неизменных гранитов имеют розоватый и желтый цвет, представлены идиоморфными кристаллами длиннопризматического облика. Размер зерен 210 – 330 мкм. Удлиненные зерна двухфазного строения: темная центральная часть с нарушенной тонкой магматической зональностью и темная краевая. Все точки измерений относятся к краевым частям зерен. Основная группа цирконов имеет конкордантный возраст 374 ± 6.6 Ма.

Прозрачные и мутные цирконы из гранитов, в которых интенсивно развит протоклаз, розоватого и грязно-желтого цвета, представлены в основном субидиоморфными кристаллами длиннопризматического облика, зачастую зерна корродированны. Основная группа цирконов имеет конкордантный возраст 366.4 ± 5.1 Ма.

Мутные и полупрозрачные цирконы в грейзенизированных гранитах в основном розоватого и желтого цвета, часто с большим количеством включений. Представлены идиоморфными и субидиоморфными кристаллами призматического облика. Размер зерен 125 – 250 мкм. Основная группа цирконов имеет конкордантный возраст 368.4 ± 6.2 Ма.

В результате проведенных исследований и интерпретации полученных данных можно предположить, что длительность становления Юстыдского массива составляет порядка 5,6 млн. лет – это временной интервал между магматической и постмагматической стадиями.