

## БЕРИЛЛИЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ АЛТАЯ

А.И. Гусев, Т.Н. Козлова

Бийский педагогический государственный университет, г. Бийск

Литофильность бериллия определяет связь его месторождений с областями развития гранитоидного магматизма двух формационных типов: 1) известково-щелочных гранитных серий нормального ряда, завершающихся фазами лейкократовых и литий-фтористых гранитов, и 2) гранитоидных серий щелочного ряда, завершающихся фазами рибекитовых и эгириновых гранитов. Бериллиеносные граниты нормального ряда развиваются в островодужных или в постколлизийных условиях тыловых орогенных зон, связанных с поясами субдукции океанической коры. Гранитоиды щелочного ряда формируются в связи с рифтовыми поясами и авлакогенами, заложенными на континентальной коре древних и молодых щитов и платформ, а также в районах проявления анорогенных гранитоидов, связанных с плюм-тектоникой. Гранитоидный характер промышленного бериллиевого оруденения определяет его локализацию в блоках с повышенной мощностью сиалической коры. Для регионального размещения месторождений бериллия, как и для многих других элементов, важную роль играют протяжённые зоны глубинных разломов, образующие планетарную регматическую сеть (Архангельская, 1990). В размещении рудных районов определяющую роль играют узлы пересечения глубинных региональных разломов, где создаются каналы, способствующие образованию и глубокой дифференциации гранитных магм (Бериллий..., 1996; Генетические..., 1975; Закономерности..., 1977).

Для генетической характеристики рудных формаций бериллия определяющими факторами являются формационный тип рудопродуктивного магматизма, глубинность и температура формирования, которые в свою очередь определяют формацию околорудного метасоматоза и видовой состав бериллиевых минералов. Самые богатые месторождения, связанные со щелочными гранитоидами, характерны для относительно небольших глубин (гипабиссальных и субвулканических). В абиссальных условиях формируются метаморфогенные месторождения в приразломных полевошпатовых метасоматитах, связь которых с магматическими комплексами остаётся проблематичной.

Формационная классификация собственных и комплексных месторождений бериллия основана на минеральном составе и генетическом типе оруденения, формационной принадлежности рудогенерирующих магматических и вмещающих пород, а также околорудных метасоматитов. Для месторождений, связанных с нормальными гранитами, главными являются два генетических типа – грейзеновый и пегматитовый, которые формируются в диапазоне от гип- до абиссальной фации. Подчинённое значение имеет скарново-грейзеновая формация с бедными бериллиевыми рудами.

С гранитоидами щёлко-гранитовой формации связаны месторождения: берtrandитовой формации, флюорит-берtrandит-фенакитовой и фенакит-гентгельвиновой.

Месторождения берtrandитовой формации являются низкотемпературными близповерхностными, субвулканическими, реже гипабиссальными. Возраст оруденения обычно молодой - альпийский или киммерийский. Месторождения флюорит-берtrandит-фенакитовой формации относятся к гипабиссальным и формируются на глубине 1,5 – 2,0 км, реже до 3 км. Возраст оруденения мезозойский, герцинский, возможно, каледонский. Генетически оруденение относится к гидротермально-плутоногенному среднетемпературному типу, а слюдисто-микроклин-флюоритовые метасоматиты формировались на волне относительно повышенной кислотности и могут трактоваться как аналоги грейзенов для субщелочных гранитоидов. Формирование месторождений фенакит-гентгельвиновой формации полистадийное, в широком диапазоне физико-химических параметров. Возраст обычно протерозой-

## 1. Распределение запасов бериллия по промышленным типам месторождений, %

Промышленный тип	В Мире	В России	Содержание BeO, %	Основные месторождения
1	2	3	4	5
1. Берtrandит-аргиллизитовые метасоматиты	27,0	-	0,6-1,5	Спор-Маунтин (США)
2. Берtrandит-фенакит-флюоритовые метасоматиты	-	8,8	0,2-1,2	Ермаковское, Ауникское (Россия)
3. Бериллиеносные полевошпатовые метасоматиты	14,0	-	0,4-1,4	Тор-Лейк (Канада), Пержанское (Украина)
4. Берилл-слюдяные метасоматиты	5,0	21,8	0,12-0,75	Боевское, Мальшевское (Россия)
5. Апокарбонатные редкометалльно-флюоритовые метасоматиты	-	9,9	0,1-0,3	Вознесенское, Пограничное (Россия)
6. Комплексные (Be, W, Mo), кварцевое-жильные	4,0	1,7	0,05-0,3	Каракольское, Казандинское (Россия, Алтай)
7. Редкометалльные пегматиты	48,0	56,4	0,03-0,3	Завитинское, Колмозерское (Россия)
8. Комплексные кварцево-грейзеновые (Be, W, Mo, Cu)	1,0	1,3	0,05-0,5	Калгутинское (Россия, Алтай)
9. Комплексные скарновые (Be, W, Mo)	1,0	2,0	0,02-0,05	Белорецкий Рудник (Россия, Алтай)

ский, но встречаются и более молодые проявления.

На территории Горного Алтая, Рудного Алтая и Салаира встречаются гранитоиды нормального ряда и гранитоиды щелочного ряда, с которыми связано бериллиевое оруденение.

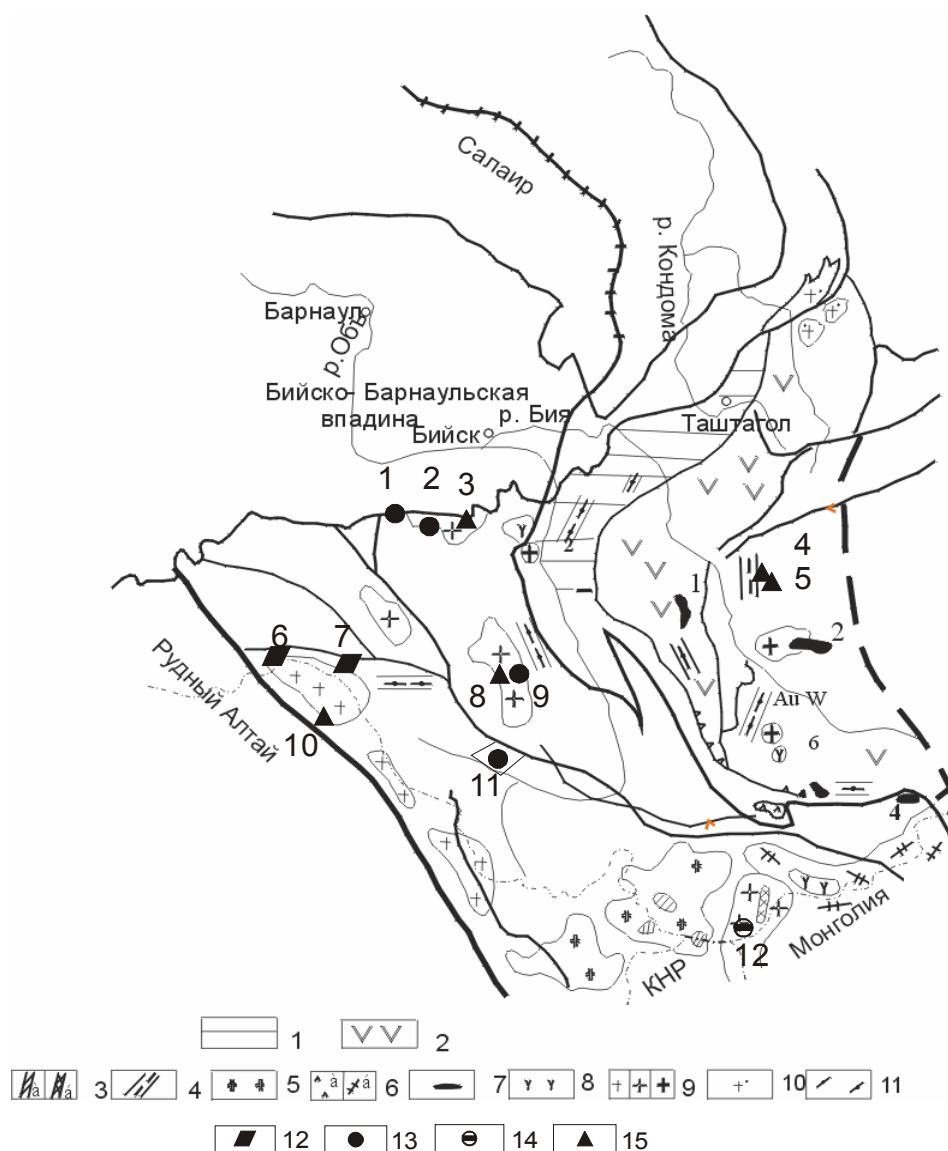
Рис. 1. Структурно-вещественные комплексы Горного Алтая и Горной Шории на постколлизийный этап и этап функционирования мантийной горячей точки ( $P_2-J_1$ ) (составил автор с использованием материалов С.П. Шокальского, М.М. Буслова, Г.А. Бабина и др).

1-венд-кембрийские островодужные комплексы, благоприятные для локализации золото-редкометалльного скарнового оруденения; 2- терригенно-вулканогенные рифтогенные комплексы, благоприятные для локализации жильного и скарнового золото-редкометалльного оруденения; 3- юрские комплексы редкометалльных гранитоидов: а- алахинский редкометалльных сподуменовых гранитов, б- восточно-калгутинский литий-фтористых лейкогранитов; 4- Прителецкий пояс редкометалльных пегматитов (MZ); 5- чиндагатуйский гранит-лейкогранитовый мезоабиссальный комплекс; 6- юрские автономные щелочно-базитовые комплексы: а- сиенит-габбровый с карбонатами «Эдельвейс» (Северо-Чуйский ареал); б- чуйский лампрофировый, с которым связано жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение; 7- мезозойские приразломные впадины: 1- Пыжинская, 2- Яхансоринская, 3- Аржанская, 4- Янтауская; 8- гипабиссальные латитовые комплексы; 9- мезоабиссальные гранитоидные комплексы (Р-Т): а- синюшинский гранодиорит-гранит-лейкогранитовый, б- белокурихинский гранит-лейкогранитовый, в- атуркольский гранитовый, с которыми связано скарновое золото-редкометалльное и жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение; 10- мезоабиссальный порожинский гранит-лейкогранитовый комплекс; 11- автономный дайковый терехтинский габбро-долеритовый комплекс (Р-Т); геолого-промышленные типы оруденения бериллия: 12- комплексные скарны, 13- комплексные кварцево-жильные, 14- комплексные грейзеновые, 15- пегматитовые; месторождения и проявления бериллия: 1- Красный городок, 2- Курановское, 3- Ручей Крутенький, 4- Тузукта, 5- Дырях, 6- Белорецкий Рудник, 7- Ново-Колыванское, 8- Пегматитовое, 9- Казандинское, 10- Тигирекское, 11- Каракольское, 12- Калгутинское.

В регионе имеются мелкие месторождения и проявления четырёх геолого-промышленных типов – комплексные (Be, W, Mo) кварцево-жильные, комплексные кварцево-грейзеновые (Be, W, Mo, Cu) и редкометалльные пегматиты (соответственно 6, 7, 8 и 9 в табл. 1). Как видно из табл. 1, ведущую роль в мире и России имеют редкометалльные пегматиты, которые отличаются от других геолого-промышленных типов самыми низкими концентрациями оксида бериллия. Бериллиевое оруденение региона формировалось в позднепалеозойско-раннемезозойский этап, связано с эволюцией становления комплексных интрузивных комплексов, среди которых важнейшее значение имеют заключительные кремнекислые гранитоиды шошонитового типа (белокурухинский комплекс), и распространено в пределах Тигирекско-Белокурухинской металлогенической области (Гусев, 2003). Основные месторождения и проявления бериллия региона показаны на рис. 1.

### Комплексные (Be, W, Mo) кварцево-жильные месторождения Алтая

К этому геолого-промышленному типу на Алтае относятся месторождения Каракольское (Республика Алтай), Казандинское, Курановское (Алтайский край) и ряд проявлений (Красный Городок).



*Каракольское месторождение* находится на водоразделе рек Усть-Куча, Колбала и Солоновка. Приурочено к Каракольскому интрузивному массиву. Наиболее высокие содержания берилла присущи кварцевым жилам СЗ простираения, которые приурочены к трещинам скола и сопровождаются процессом грейзенизации гранитов. Жилы сближены до интервала в 2-4 м, расположены кулисообразно, местами лестничные. Берилл развит в виде скопленных неправильной формы, друз и отдельных кристаллов. С ним ассоциируют молибденит, халькопирит, шеелит, колумбит и танталит (редки), висмутин, ковеллин, торбернит, метаторбернит, отенит, флюорит, турмалин. Распределение бериллия, молибдена и висмута в рудах неравномерное. Среднее содержание Ве – 0,5%, Мо – 0,3%, Вi – 0,12%. Суммарные запасы и прогнозные ресурсы (С1+С2+Р1) Ве – несколько тысяч тонн, причём берилла рудо-разборного (С1+С2) – 1942 т, Мо – 543,6 т, Вi – 141,2 т, U – 34,2 т. В рудах есть Ag – до 100 г/т и Au (0,4-0,8 г/т).

*Казандинское месторождение* находится в верховьях ключа Феоктистова, правого притока р. Щепеты. Бериллоносные кварцевые жилы впервые были выявлены в 1947 г. при поисково-разведочных работах на Казандинском вольфрамом месторождении, а глыбы и обломки кварца с бериллом отмечались при разведке колумбитовой россыпи по ключу Феоктистовому. С 1951 по 1960 гг. на месторождении проводились поисковые и разведочные работы Алтайской экспедицией. Пройдено 2271 пог. м штолен и штреков (4 штольни), 60 пог. м восстающих, пробурено 50 скважин глубиной до 200-300 м. С поверхности месторождение изучено густой сетью канав и шурфов. С 1960 по 1965 гг. в районе месторождения проводятся тематические исследования различными организациями. Проводится опробование вмещающих оруденение гранитов. В 1989-1990 гг. по договору с Едиганской партией работы по прогнозной оценке Казандинского бериллиевого и вольфрамом месторождения выполнялись сотрудниками СНИИГГиМСа (г. Новосибирск) под руководством А.А. Долгушиной. Проводились термолюминисцентный и термобарогеохимический анализы кварца разных генераций из кварцевых жил месторождения. В результате делается вывод о том, что месторождение может расцениваться лишь как мелкий объект. Месторождение расположено в эндоконтакте Щебетинского интрузивного массива, контактирующего с песчано-сланцевыми отложениями суеткинской свиты на востоке и Казандинским интрузивным массивом на юго-востоке. Контакт Щебетинских мусковитовых гранитов с осадочными образованиями падает в сторону последних под углом 30-65°. Отложения суеткинской свиты ороговикованы на расстоянии 2-3 км от массива.

Оруденение приурочено к кварцевым жилам, выполняющим трещины отрыва и возникшим в связи с установленной здесь тектонической зоной северо-восточного простираения. Горными выработками предшествующих исследователей вскрыта 91 кварцевая жила. Жилы имеют кулисообразное строение, причем сравнительно часто встречаются «слепые жилы». Простираение жил от 250 до 300°, падение на юго-запад и юго-восток под углами 65-85°, протяженность от десятков до нескольких сотен метров, мощность от 0,15 м до 1,2 м (средняя 0,39 м). Основным полезным компонентом является берилл, который отмечается двух типов – мелкокристаллический и крупнокристаллический. Крупнокристаллический берилл наблюдается в виде кристаллов хорошей огранки размером до 10x2 см или в виде гнезд размером до 10x10 см. Другими жильными минералами являются молибденит, турмалин, пирит, висмутин, мусковит, флюорит, вольфрамит. Молибденит, в основном, приурочен к мусковитовой оторочке кварцевых жил, местами образуя довольно густую вкрапленность. Пирит встречается довольно редко, образуя одиночные кристаллы кубической формы и друзы размером до 5x5 см. В кварцевых жилах встречаются пустоты с кристаллами (размером до 4x10 см) и друзами мориона и дымчатого кварца. Кроме кварцевых жил убогое бериллиево оруденение выявлено в эндоконтактовых зонах мелкозернистых мусковитовых

гранитов. Мощность изучавшихся зон с неравномерно-вкрапленной берилловой минерализацией составляет 2-3 м, содержание BeO до 0,126 %. Среднее содержание по одной из зон, вскрытых штольной 2 (на участке 70,5-72,5 м), составляет 0,03 % BeO. В связи с низкими содержаниями запасы бериллия в бериллоносных гранитах не подсчитывались (Пентельков, 1964). По данным спектрального анализа точечных проб, отобранных из рудных отвалов штолен, получены повышенные содержания следующих элементов: медь – до 0,05 %, свинец – до 0,1 %, молибден – до 0,3 %, висмут – до 0,05 %, кадмий – до 0,003 %. Кроме того, в пробе кварца с пиритом (около 50 %) по спектральному анализу выявлено содержание серебра – 500 г/т. В этой же пробе пробирным анализом установлено 134 г/т серебра и 0,5 г/т золота. В рядовых пробах содержание золота - 0,2 г/т, содержание серебра - до 9 г/т. Генезис месторождения гидротермальный плутоногенный, рудная формация – редкометальная с серебром. Запасы окиси бериллия по категории В + С1 + С2 по результатам разведки составляют 1218,806 тонн при среднем ее содержании 0,194 % (по материалам работ 1951-1960 гг.). В 1962 г. проведена предварительная геолого-экономическая оценка месторождения, в результате которой установлено, что эксплуатация месторождения нерентабельна, и для вовлечения его в разработку необходимо увеличение запасов в 30 раз или повышение среднего содержания бериллия в рудах. Прогнозные ресурсы окиси бериллия категории Р1, определенные при ГС-50 (Кузнецов, 1990) до глубины 300 м, составляют 1828 т. Суммарные запасы и ресурсы Казандинского бериллиевого месторождения составляют 3047 т.

В сводном балансе запасов по месторождению по состоянию на 01.01. 2002 г. числятся запасы оксида бериллия категории В - 42 т, категории С1 - 449 т, категории С2 - 491 т при среднем содержании BeO 0,198%.

*Курановское месторождение* находится в верховьях руч. Куранова, левого притока р. Черновой, в 700 м от его устья. Впервые бериллиевое оруденение на участке было установлено геологами Дмитриевской партии в 1952-53 гг. (Михайлов, 1955). В 1956-60 гг. оценочные работы на бериллий проводила Черновская поисково-съёмочная партия (Котков, 1961). Поверхность месторождения изучена довольно детально канавами и траншеями через 20-50 м (магистральные каналы длиной до 300 м). Пробурено 6 наклонных скважин колонкового бурения глубиной 80-160 м с целью оконтуривания тела лейкократовых гранитов. Площадь месторождения сложена лейкократовыми слабо грейзенизированными гранитами третьей фазы белокурухинского комплекса, которые в виде штока размером 150x200x300 м размещаются среди основной массы биотитовых порфиридных гранитов массива. Бериллиевое оруденение на участке расположено в пределах штока лейкократовых гранитов и сосредоточено в пегматитовых телах различной мощности и формы, в штокверке кварцевых прожилков и в интенсивно грейзенизированных гранитах. По результатам поисково-оценочных работ выделено четыре рудных тела, три из которых расположены в южной части штока (участок №1) в пределах штокверковой зоны. Штокверк представляет собой густую сеть субширотных и субмеридиональных кварцевых жилков и линзочек (до 50 штук на 1 п. м). Концентрация берилла приурочена преимущественно к местам их пересечения. Кроме берилла прожилки содержат флюорит, молибденит, танталит. По результатам опробования рудные тела характеризуются следующими параметрами: I - длина - 149 м; мощность - 4,6 м; среднее содержание окиси бериллия - 0,055 %; II - 75 м; 3,8 м; 0,07 %; III - 70 м; 3,8 м; 0,057 %. Общие запасы окиси бериллия по ним составляют по категории С1 - 49,8 т, С2 - 49,8 т. Жильные пегматитовые тела имеют мощность от 0,01 до 2 м, по простиранию прослеживаются на 20-30 м и расположены кулисообразно. Простирание субширотное, падение пологое (10-38°), они сложены стекловидным кварцем с включениями полевого шпата. Берилл присутствует в виде неравномерной вкрапленности кристаллов зеленовато-голубого цвета, длиной от долей миллиметра до 5 см. Четвертое рудное тело расположено в С3 части штока (участок №2) и приурочено к наиболее крупной линзе пегматита. Берилл тяготеет к границе кварцево-

го ядра. Мощность рудного тела составляет 1,5 м, по простиранию оно прослежено на 50 м и по падению на 11 м. По результатам опробования среднее содержание окиси бериллия – 0,088%. Ориентировочно геологические запасы на 1 м углубки составляют 3 т. При ГС-200 (Кривчиков, 2000) подсчитаны прогнозные ресурсы категории Р1 четырех разведанных рудных тел до глубины 300 м, составившие 650 т окиси бериллия, в том числе 99,6 т категории С1 +С2.

### Пегматитовые месторождения

Самая многочисленная группа бериллиевых месторождений и проявлений представлена в регионе пегматитами. Охарактеризуем лишь некоторые из них.

*Месторождение бериллия Тигирекское* находится в водораздельной части одноименного хребта и локализуется в районе г. Иркутки или Разработной. Месторождение приурочено к пегматитам, связанным с одноименным массивом гранитоидов, относящимся к Белокурихинскому комплексу (Гусев, Гусев, Табакаева, 2008). Всего на участке выявлено 15 пегматитовых тел разной величины, из которых 3 наиболее крупных находятся вблизи вершины г. Разработной, а остальные – на её восточном склоне. На месторождении проявлены пегматиты полно дифференцированные, крупноблоковые, образующие 3 жилы. Наибольший интерес представляет самое крупное тело пегматита – тело №1. На поверхности оно имеет штокообразную форму, вытянутую в северо-западном направлении. Длина выхода имеет 15 м. Месторождение не доизучено. Штольня, пройденная в 1933 году по телу пегматита до 18,3 м, не вышла из него. Мощность тела колеблется от 4 до 9 м. Строение пегматита симметрично-зональное с обособлением 5 зон.

1 – ядерная часть пегматита сложена трещиноватым полупрозрачным розовым кварцем с неравномерной интенсивностью окраски от почти бесцветного до ярко розового, образуя неправильные участки и гнезда размером до 1-2 м.

2 - следующая зона сложена серовато-белым и белым кварцем, иногда полупрозрачным.

3 - третья зона состоит из крупно- и гигантозернистого микроклин-пертита с крупными пластинками мусковита, редко биотита, дымчатого кварца и берилла. Кристаллы берилла грязно-зелёного, изредка чистого голубовато-зелёного прозрачного аквамарина, правильной «карандашной» огранки, но трещиноватые, размерами в первые сантиметры. Мощность зоны до 1,5 м. В этой зоне обнаруживались кристаллы аквамарина до 1 м длиной и 15 см шириной (Кокорин, 1934).

4 - четвёртая зона представлена средне- и крупнозернистым пегматитом с монацитом, аквамарином и редким ксенотимом. Мощность зоны до 50 см.

5 - внешняя, пятая зона мощностью от 5 до 15 см сложена красноватым среднезернистым мусковит-плагиоклазовым лейкогранитом и имеет постепенные переходы к вмещающим светло-серым и розоватым среднезернистым гранитам Тигирекского массива.

Основной объём берилла приурочен к границе 2 и 3 зон. В составе пегматитов отмечено 28 минералов, из которых основные – микроклин, кварц, берилл, мусковит. Акцессорные минералы: монацит, ильменорутит, флюорит, апатит, турмалин, танталит, колумбит, ксенотим.

Аквамарин локализуется в пегматитах в виде гнезд в переходной части от кварцевого ядра к альбитовой зоне. Размеры гнезд до 20-30 см в поперечнике. Отдельные кристаллы прозрачного аквамарина небесно-голубого и голубого цвета достигают 8-6 см в длину. Ассоциирует он со слюдой зелёного цвета, иногда монацитом, ксенотимом, танталитом и колумбитом. По данным Н.Д. Довгаля (1934 год) запасы берилла по категории В составляют 5,18

т при среднем содержании по телу пегматита 0,28 % и по отвалу – до 0,045% (запасы в отвалах – 35 кг берилла).

Аквамарин Тигирекского месторождения хорошего качества. Из него получают прекрасные кабошоны и поделки (Гусев, 2007).

### Комплексные кварцево-грейзеновые (Be, W, Mo, Cu) месторождения

К этому типу относится Калгутинское месторождение, при разведке которого бериллиевому орудуению не было уделено серьёзного внимания.

*Калгутинское кварцево-грейзеновое месторождение* находится в верховьях одноименного ручья. По данным Б.Г. Семенцова, на Калгутинском месторождении выделяются 3 этапа рудообразования: предрудный; ранний кварцево-жильный с сульфидной и рудными стадиями; прожилково-вкрапленный со штоковой, жильно-штокверковой и пегматитовой стадиями; основной кварцево-жильный и поздней стадиями; внутрирудный «ультраредкощелочной» и поздний кварцево-жильный. Как видно из перечисленных ассоциаций минералов, в рудах совмещены продукты прожилково-вкрапленной медно-молибден-порфировой минерализации и кварцево-жильной и грейзеновой молибден-вольфрамовой. В рудном поле отчетливо различимы 3 типа главных руд: кварц-вольфрамитовый, прожилково-вкрапленный «молибденового штока» и прожилково-вкрапленный медно-молибден-порфировый. Кварц-вольфрамитовый тип орудуения представлен 589 жилами кварца протяженностью по простиранию от 20 до 330 м (средняя 106 м) и от 16 до 210 м (средняя 47 м) по падению. Рудные жилы имеют доминирующее С-В простирание с крутыми падениями на С-З и Ю-В. Текстуры руд: гнездово-вкрапленная и вкрапленная. Главные рудные минералы: вольфрамит, молибденит, пирит. Реже встречаются висмутин, берилл, халькозин, халькопирит, блеклые руды. Второстепенные: шеелит, гематит, магнетит, пиролюзит. Из жильных минералов преобладает кварц нескольких генераций. Эпизодически отмечаются мусковит, турмалин, флюорит, лепидолит. Рудные жилы сопровождаются оторочками грейзенов мощностью от нескольких сантиметров до одного и более метра. Грейзены содержат прожилково-вкрапленную шеелит-вольфрамитовую минерализацию с бериллом, где отмечаются редкие находки изумрудов. Изумруды характеризуются слабо зелёной до изумрудно-зелёной окраской. Размеры кристаллов по длинной оси достигают 1,5 см.

Наиболее ранний этап минерализации отмечен в «Молибденовом штоке» (1 разведочный участок), представляющим собой «слепое» трубообразное тело размерами от 80x100 до 120x100 м, прослеженное на глубину 310 м от поверхности на 2 участке штольнями № 18 (горизонт 2764 м), № 19 (2821 м) и № 20 (2878 м). В плане шток представляет сочетание конической жилы гранит-порфиров, центральная часть которой сложена турмалинитами (Семенцов, 1998). Местами отмечаются брекчии, представленные остроугольными обломками гранит-порфиров, сцементированных кварцем с турмалином и микроклином. По падению объём гранит-порфиров возрастает, а брекчий сокращается, что свидетельствует о верхнерудном уровне штока и значительной протяженности молибденового штока по падению. Гранит-порфиры сложены кварц-полевошпатовым матриксом с редкими выделениями биотита и интрателлурическими вкрапленниками кварца и полевого шпата, пронизанные сетью кварцевых прожилков с богатым молибденит-халькопирит-пиритовым орудуением. Отдельные просечки размером до 0,3x20 см нацело сложены халькопиритом и молибденитом. Вкрапленная рудная минерализация представлена молибденитом (0,8%) в виде чешуек и пластинок размерами от 0,015x0,12 мм до 0,24x1,02 мм, образующих лучистые и веерообразные скопления, а также пиритом, халькопиритом, халькозином, вольфрамитом, гюбнеритом и ковеллином. Орудуение сопровождается кварц-биотит-калишпатовыми фельдшпатолитами, реже березитами.

В центре «молибденового штока» локализуется «кварц-молибденитовое ядро», расположенное в 300 м от современного эрозионного среза Калгутинского массива. В плане оно представляет собой овальное, близкое к изометричному тело с размерами в поперечнике до первых десятков метров. Центральная часть ядра сложена серым крупнокристаллическим кварцем двух генераций: прожилки и розетки молибденита, местами образующими кучные скопления (до 35% объёма) тесно ассоциируют с кварцем второй генерации, переполненным тонкорассеянными пылевидными включениями сульфидов. Гомогенизация газовой-жидких включений в кварце 1 генерации происходит в интервале 450-480°C. По периферии следует зона мощностью 3-5 м, представленная кварцем, крупночешуйчатым мусковитом и более редкими розетками молибденита и гнёздами халькопирита. Наружная зона «кварц-молибденитового ядра» представлена крупноблочным микроклином с редкой вкрапленностью и прожилками кварца, пирита, халькопирита. «Кварц-молибденитовое ядро» содержит самое богатое оруденение молибдена (первые проценты) и сравнительно богатое – вольфрама (около 1%). На этом основании его можно интерпретировать как остаточную силикатно-рудную магму.

Между горизонтами штолен № 18 (2764 м) и № 20 (2878 м) выделен блок с запасами руды категории С1 в объёме 542 тыс. т и молибдена 3904 т с максимальными содержаниями молибдена 0,72%.

Медно-молибден-порфировый тип оруденения локализован в грейзенизированных порфировидных биотитовых гранитах, гранит-порфирах, кварц-мусковитовых грейзенах, кварцевых жилах, прожилках и штокверках и, вероятно, сформировался позднее «кварц-молибденитового ядра». На горизонтах штолен нередко наблюдается наложение грейзенов на ранние фельдшпатолиты кварц-калишпатового, калишпат-биотитового составов. Прожилково-вкрапленная минерализация представлена халькопиритом, пиритом, молибденитом, вольфрамитом, шеелитом, борнитом, халькозином, арсенопиритом и ковеллином. В плане прожилково-вкрапленное медно-молибден-порфировое оруденение образует овал размером 900x1200 м и совпадает с роем даек и небольших штоков гранит-порфилов, микрогранит-порфилов, сопровождающихся нередко флюидо-эксплозивными брекчиями. В последних отмечается штокверковое и прожилково-вкрапленное оруденение, представленное кварцевыми прожилками с вкрапленностью пирита комбинированного габитуса (куб+пентагондодекаэдр), халькопирита, халькозина, молибденита, редко пирротина. Содержания меди в рудах варьируют от 0,2 до 1,8% (среднее 0,34%), молибдена от 0,03 до 0,8% (среднее 0,1%). По вертикали порфировое оруденение прослежено на 500 м без признаков выклинивания. Этот тип оруденения развит в пределах крупной аномалии меди интенсивностью 0,005-0,2% и молибдена 0,001-0,005% площадью свыше 7 км<sup>2</sup>. В центре развития прожилково-вкрапленной минерализации распространены фельдшпатолиты, а по периферии овала преобладают пропилиты, березиты. Самое крайнее положение занимают аргиллизиты. Спорадически в контуре указанной аномалии отмечаются «всплески» повышенных концентраций висмута, мышьяка, цинка, свинца. Пространственно с указанной аномалией совмещается отрицательная аномалия магнитного поля  $Z_a$  интенсивностью до 400 нТл размером 300x700 м. Аномалия меди и молибдена на большей части площади не оценена и не опробована.

Третий продуктивный этап представлен многочисленными сравнительно маломощными (0,1-0,5 м) рудными жилами кварц-вольфрамитового, кварц-молибденит-вольфрамитового, кварц-висмутин-молибденит-вольфрамитового состава с маломощными мусковитовыми оторочками и кварц-мусковит-полевошпатовыми грейзенами в эндоконтакте гранитного массива (I, II и IV разведочные участки Калгутинского месторождения), а также мощными жильно-грейзеновыми зонами в экзоконтакте массива во вмещающих туфах (III разведочный участок). Главным рудным минералом в кварцевых жилах является вольфра-



мит с содержанием гюбнеритового минала 61-94% и соотношениями  $Nb_2O_5/Ta_2O_5 = 6-40$ . Температура гомогенизации газовой-жидких включений в кварце – 400-440°C. Кварцеворудные жилы третьего этапа чаще всего секут дайки эльванов и онгонитов. Редки случаи с обратными взаимоотношениями (жилы секутся дайками). Следовательно, редкометалльные дайки онгонитов и эльванов имеют чётко выраженный «внутрирудный» характер.

Кварц-вольфрамитовый тип оруденения относится к четвёртому этапу и представлен 589 наиболее мощными (0,5-2 м) жилами кварца протяжённостью по простиранию от 20 до 330 м (средняя 106 м) и от 16 до 210 м (средняя 47 м) по падению. Рудные жилы имеют доминирующее СВ простирание с крутыми падениями на СЗ и ЮВ. Текстуры руд: гнездово-вкрапленная и вкрапленная. Главные рудные минералы: вольфрамит, молибденит, пирит. Реже встречаются висмутин, берилл, халькозин, халькопирит, блеклые руды. Второстепенные: шеелит, гематит, магнетит, пиролюзит. Из жильных минералов преобладает кварц нескольких генераций. Эпизодически отмечаются мусковит, турмалин, флюорит, лепидолит. Рудные жилы сопровождаются оторочками грейзенов мощностью от нескольких сантиметров до одного и более метра. Грейзены содержат прожилково-вкрапленную шеелит-вольфрамитовую минерализацию. Содержания триоксида вольфрама в жилах от 0,02 до 32% (среднее 1,85%), молибдена от 0,005 до 1,71% (среднее 0,327%), меди от 0,1 до 5% (среднее 0,57%), в грейзенах  $WO_3$  от 0,01 до 1,3% (среднее 1,76%), молибдена от 0,01 до 0,2% (среднее 0,05%), меди от 0,1 до 1% (среднее 0,88%). Вольфрамит этого типа оруденения характеризуется большими вариациями гюбнеритового минала – от 30,7 до 84,9% - и незначительными вариациями величин отношений  $Nb_2O_5/Ta_2O_5 - 6,2 - 16,4$ . На участках развития берилла концентрации бериллия варьируют от 0,05 до 0,6%.

Грейзены содержат прожилково-вкрапленную шеелит-вольфрамитовую минерализацию с бериллом, где отмечаются редкие находки изумрудов. Изумруды характеризуются слабо зелёной до изумрудно-зелёной окраской. Размеры кристаллов по длинной оси достигают 1,5 см. Опробование и анализ грейзенов на бериллий не осуществлялись.

Запасы подсчитаны по 103 жилам. Основное количество запасов триоксида вольфрама содержится в 17 жилах из 49 принятых на баланс. 70% запасов сосредоточено в жиле № 87 Второго разведочного участка. Запасы триоксида вольфрама кварц-вольфрамитового жильного типа составили 12,7 тыс. т (при содержаниях 1,85%), молибдена – 2,2 тыс. т (при средних содержаниях 0,327%), меди - 3,9 тыс. т (при средних содержаниях 0,57%).

Наблюдается отчётливая пространственная закономерность в распределении углерода, благородных металлов и основных рудных компонентов. С глубиной содержание углерода растёт. Это свидетельствует о значительной роли углерода в процессе рудообразования, а также указывает на восстановленный характер и глубинный источник рудоносных флюидов.

На месторождении отмечается контрастная зональность в распределении 48 химических элементов, в том числе и благородных металлов. Выше всех расположено золото, которое находится во фронтальной части ряда зональности. Слабо дифференцировано содержание осмия и серебра. Значительно ниже, в тыловой части ряда, размещаются платина и палладий.

В Рудном Алтае расположено *Алейское бериллиево проявление*, пространственно и парагенетически связанное с аляскитовыми гранитами Устьянского массива, обнаруживающего сходство по петрогеохимическим показателям с породными типами Белокурихинского комплекса. Структурная позиция участка определяется положением его в зоне Новониколаевско-Междуреченского разлома, являющегося юго-западным границей Центральной зоны смятия. И Устьянский массив, и бериллиево проявление тяготеют к южному блоку Северо-Восточной зоны смятия. В строении участка принимают участие разновозрастные интрузии.

живные образования – змеиногорского и белокурухинского (ранее считавшегося синюшинским) комплексов. Проявление расположено в контактовой части гранодиоритов Алейского и аляскитовых гранитов Устьянского массивов. Гранодиориты интенсивно разгнейсованы в связи с воздействием разломных кулис Центральной зоны смятия. Рудная зона локализуется в пределах крупного ксенолита габбро-долеритов. Она прослежена горными выработками от р. Устьянки в ССЗ направлении на 400 м. Видимая мощность имеет наибольшее значение в ЮВ части, достигая 100-120 м, к ССЗ наблюдается уменьшение ширины зоны вплоть до выклинивания. Падение зоны вертикальное.

Внутренне строение зоны сложное. В целом она фиксируется интенсивным дроблением габбро-долеритов с образованием штокверков и грейзенизацией. Наиболее интенсивной грейзенизации подверглись фельзит-порфиры, образующие 2 дайки ( в ЮВ части рудной зоны) меридионального направления. Мощность даек варьирует от 5 до 20 м (восточная дайка). Длина их до 250 м. На севере и юге дайки срезаются нарушениями СЗ простирания. Под воздействием пневматолито-гидротермального метасоматоза фельзит-порфиры превращены в мелко-тонкозернистые грейзены (лишь изредка устанавливаются реликты вкрапленников кварца и плагиоклаза). Минеральный состав грейзенов: кварц, мусковит (иногда замещающийся литиевыми слюдами), хлорит, флюорит, реже встречаются топаз, берилл, серицит, в единичных случаях – турмалин. Из второстепенных минералов присутствуют циркон, апатит, кальцит, биотит, пироксен, амфибол. Рудные минералы ограничены пиритом, халькопиритом, вольфрамитом, галенитом, редко – шеелитом.

Более широко в зоне развиты штокверки, слагающие основную часть рудной зоны. Они представляют собой интенсивно раздробленные габбро-долериты, пронизанные густой сетью жилок мощностью до 1 см. В составе штокверков участвуют кварц (30-60%), мусковит и лепидолит (3-4%), флюорит (3-5%), берилл (3-4 %), топаз, апатит, циркон, вольфрамит и пирит (не более 2-3%), иногда встречаются кальцит и шеелит.

В юго-восточной части рудной зоны встречаются 4 кварцевые жилы мощностью от 5 до 25 см и длиной до 10 м с северо-восточным простиранием. Кварц молочно-белый, крупно-кристаллический, шестоватый. В виде отдельных зёрен в нём встречаются слюда, флюорит, хлорит, топаз, вольфрамит, шеелит.

Берилл в количественном отношении преобладает в штокверках. В грейзенах берилл обычно образует голубые длинностолбчатые кристаллы длиной до 1 мм, в штокверках – игольчатые и длинностолбчатые кристаллы длиной до 2 мм, реже образует секториальные сферолито-лучистые агрегаты синей до густо-синей окраски, редко – голубовато-зеленоватые скопления кристаллов, приближающиеся к аквамарину. По результатам 136 химических анализов в рудной зоне содержания бериллия варьируют от 0,005 до 0,18%. Запасы оксида бериллия ориентировочно определены в 15 тонн (на метр углубки). В грейзенах и грейзенизированных породах спектральным анализом установлены (%): литий (0,01-0,3, в единичных случаях до 1%), вольфрам (0,01-0,3), олово (до 0,001), медь (0,01-0,7), цинк (до 0,1), свинец (до 0,03).

#### Комплексные скарновые месторождения (Be, W, Mo)

Среди комплексных скарновых месторождений следует отметить месторождения Белорецкий Рудник и Ново-Колыванское.

*Месторождение Белорецкий рудник* расположено в правом борту р. Белой, против устья р. Веселяиха, в 25 км к югу от Белорецкого железорудного месторождения. Открыто одновременно с Белорецким железорудным в 1774 г. алтайскими горнопромышленниками.

Площадь месторождения сложена нерасчлененными отложениями силура, представленными зелеными, темно-зелеными, зеленовато-серыми тонкослоистыми кварцево-хло-

ритовыми, кварцево-серицито-хлоритовыми, кварцево-эпидот-хлоритовыми сланцами, с редкими маломощными прослоями и линзами буроватых рассланцованных песчаников и темно-серых кварцево-эпидот-карбонатных сланцев. Центральная, южная и юго-восточная части месторождения сложены гранитами синюшинского комплекса Убино-Белореченского массива.

В структурном отношении месторождение приурочено к эндо- и экзоконтактной зоне СЗ окончания Убино-Белореченского гранитного массива, относящегося к белокурухинскому комплексу (Гусев и др., 2008) и срезающего ЮЗ окончание Лобазихинской синклинали. На участке месторождения и примыкающих к нему площадях синклиналь выполнена карбонатными отложениями чагырской свиты. С запада - юго-запада Лобазихинская синклиналь по Белорецкому разлому сочленена с Веселяихинской горст-антиклиналью, с СВ - по Стрижанскому разлому - с Стрижанской антиклиналью. Указанные складчатые структуры осложнены складчатостью высоких порядков и многочисленными разломами преобладающего СЗ простирания. Наличие на контакте с гранитами карбонатных пород и дизъюнктивных нарушений обусловило образование вытянутых в СЗ направлении крутопадающих тел гранат-пироксен-везувиановых скарнов и скарнированных пород, которые впоследствии явились благоприятной средой для формирования жильных и штокверковых тел с редкометальной минерализацией. Минерализованными и рудовмещающими являются тектонические трещины третьего, четвертого и более высоких порядков и мелкая трещиноватость жильных и штокверковых зон и штокверков.

На месторождении широко распространены контактовые образования, связанные с гранитами. Чистые известняки подверглись мраморизации. В песчаных известняках образовался в значительных количествах волластонит, реже железная слюдка. По мергелистым известнякам, мергелям и известковистым песчаникам - контактовые роговики, главным образом, диопсидовые, реже биотитовые и еще реже амфиболовые и эпидотовые.

По пространственному положению, морфологии, вещественному составу и условиям залегания месторождение разделяется на три участка: Западный, Центральный, Восточный.

На Западном участке выделяется две субмеридиальные зоны скарнирования. Западная скарновая зона прослежена на 500 м при ширине более 100 м. Падение на В под углами 70-80°. Представлена скарнами и скарнированными роговиками, связанными с известняками постепенными переходами, иногда наблюдаются четкие и резкие границы. В пределах Западной зоны на поверхности выделяются два самостоятельных скарновых тела. Одно из них, восточное, прослеживается по простиранию более 100 м при мощности в центральной части до 22 м. Тело постепенно выклинивается на север. На глубину оно прослежено более 400 м.

Другое тело, более крупное, располагается в 10-20 м восточнее первого и параллельно ему. Оно вскрыто рядом канав на поверхности и подземными горными выработками. Мощность скарнов до 40 м. Среди них наблюдаются прослои и линзы скарнированных известняков и роговиков мощностью до 1,2 м. К северу мощность скарнов уменьшается до 10 м, но увеличивается мощность скарнированных роговиков. Северный фланг скарнов не оконтурен. В 30-50 м восточнее наблюдается восточная зона скарнирования известняков, вытягивающаяся более чем на 300 м при мощности от 10 до 30 м. Зона падает к западу. Представлена в различной степени скарнированными известняками и роговиками с небольшими телами скарнов. Скарны в основном пироксен-везувиановые с гранатом и небольшим количеством других минералов. Текстура скарнов массивная, полосчатая. В этих скарнах содержится в среднем пироксена и везувиана 55-60%, граната до 5%, кварца 2-10%, флюорита до 5%, кальцита до 5%, в небольших количествах содержатся полевой шпат, эпидот, рудные минералы. Местами описанные скарны переходят в везувиановые, гранат-везувиановые, которые слагают небольшие участки. Среднее содержание оксида бериллия в известняках участ-

ка 0,0-0,003%, в скарнированных известняках - 0,022%, триоксида вольфрама - 0,05%, в роговиках - ВеО - 0,026%, WO<sub>3</sub> - 0,047%, в скарнированных роговиках - 0,031 и 0,065%, в скарнах - 0,042 и 0,076%, соответственно. Среднее содержание ВеО в этих породах с более интенсивно проявленной наложенной на них рудной минерализацией резко возрастает и составляет: в известняках - 0,088%, в роговиках - 0,062%, в скарнах - 0,125%.

Центральный участок. В пределах участка установлено крупное тело скарнов, прослеженное от контакта с гранитами в СЗ направлении на 600 м при мощности 80-150 м. Скарны залегают в корытообразном углублении апикальной части гранитной апофизы и разведаны на глубину 40 м от поверхности. Среди скарнов встречаются небольшие прослои и линзы скарнированных и, редко, чистых известняков. Тело сложено темно-зелеными, массивными среднезернистыми пироксеново-везувиановыми скарнами, состоящими из везувиана - 56%, диопсида - 9%, эпидота - 7%, кальцита - 5%, актинолита - 3%, граната - до 1%, флюорита - 8%. Южная и юго-восточная часть скарнового тела вблизи контакта с гранитами сложена пироксеново-гранат-везувиановыми скарнами, состоящими из везувиана на 65%. Среднее содержание в скарнах этого участка: ВеО - 0,034%, WO<sub>3</sub> - 0,147%, Мо - 0,034%. Ширина полосы скарнов в приконтактной части с гранитами - 15-20 м, скарнированных известняков - 20-25 м. В гранитах и, в меньшей мере, в скарнах в эндоконтакте гранитного массива обнаружено более 100 крупных и мелких кварцевых жил, около 50 из которых имеют мощность более 10 см, а в длину от 50 до 200 м. Жилы имеют СЗ простирание, падение на СВ по углами 60-85°. Средняя протяженность жил - 50-60 м, мощность от нескольких десятков см до первых метров. Часто в местах выклинивания жил развиты грейзены. На участках пересечения кварцевых жил в скарнах развиты грейзены, образующие штокверковые зоны, вытянутые вдоль жил в СЗ направлении. Интенсивная редкометальная минерализация грейзенового этапа проявилась в гранитах и особенно в их приконтактной части в апофизах. Самая крупная гранитная апофиза полностью грейзенизирована и местами в ней грейзены образуют тела неправильной формы. Переход от грейзенов к гранитам постепенный. Жилы участка ранее разрабатывались на вольфрам при среднем содержании WO<sub>3</sub> около 0,3%, Мо - от 0,1 до 0,3%. Содержание WO<sub>3</sub> в жилах колеблется от 0,1 до 0,7%. Грейзеновые тела в горных выработках на бериллий почти не опробованы и поэтому не оценены.

Восточный участок. Здесь развиты роговики, скарнированные известняки, скарны и кварцевые жилы. Грейзеновая минерализация проявлена слабо. Скарнированные известняки установлены по левому борту кл. Динамитного. Они образуют две крупных полосы СЗ простирания, вытягивающиеся от контакта с гранитами на расстояние более 500 м. На этом участке поверхностными горными выработками вскрыта полоса скарнированных роговиков шириной около 70 м. По простиранию она не оконтурена. Мелкие скарновые тела имеют СЗ простирание, мощность 5-7 м, длину 60-70 м. Более крупное тело залегает в правом борту кл. Угольного. Длина его около 100 м, мощность 50 м. В пределах участка обнаружена крупная кварцевая жила, приуроченная к разрывному нарушению 3-го порядка и пересекающая граниты, скарны и известняки. Мощность ее в раздувах достигает 3-4 м. Падает на СВ под углом 50°. Серия маломощных жил наблюдается в гранитах на правом берегу р. Белой. Простирание их СЗ, падение на СВ, угол 60-70°. Мощность отдельных жил не превышает 15-20 см.

На месторождении выделяется 4 типа руд: 1. Скарновые с бериллиевым везувианом, шеелитом, флюоритом, пиритом, сфалеритом и халькопиритом; 2. Жильные образования и околожильные измененные породы с гельвином, бериллом, шеелитом, вольфрамитом, молибденитом, флюоритом и сульфидами (пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, висмутит, алтаит). Характерно повышенное содержание серебра (до 282 г/т), галлия (0,01%) и висмута (0,1%). 3. Грейзеновый с гельвином, бериллом, вольфрамитом, молибденитом, флю-

оритом и сульфидами (пирит, сфалерит). 4. Кварцево-жильный с бериллом, вольфрамитом, молибденитом и сульфидами (пирит, халькопирит, висмутин). Скарновый тип оруденения характеризуется значительным (до 10%) содержанием флюорита. Ресурсы его оцениваются в 3150 тыс.т.

*Ново-Колыванское месторождение* расположено в 3,5 км к ЮЗ от пос. Колыванстрой. Открыто в 1941 г. Колыванским рудником по заявке жителя дер. Черепаниха Сотникова, нашедшего в старых демидовских выработках штуфы кварца с вольфрамитом. Колыванским рудником оно оценивалось с поверхности в 1941-42 гг. В 1958-1960 гг. месторождение и его район оценивались Колыванской поисково-разведочной партией Рудно-Алтайской экспедиции ЗСГУ. В 1974 г. детальные поиски в пределах рудного поля Новоколыванского месторождения проводила Плитнинская партия Северо-Алтайской экспедиции ЗСГУ. До 1974 г. было пройдено около 1000 куб.м канав и 150 п.м шурфов. Расстояние между канавами составляло 100-200 м (реже 50-75 м), между линиями шурфов - 100-200 м.

В 1974 г. профили горных выработок, отстоящие друг от друга на 170-370 м, полностью пересекали рудную зону месторождения вкрест простирания на протяжении 150-670 м. Расстояние между шурфами 20 м (10 м). На участках, требующих детализации, проходились канавы. Всего в 1974 г. пройдено 344,5 п.м шурфов и 2862 куб.м канав. Кроме того, было пробурено 2 вертикальных скважины колонкового бурения глубиной 236,4 и 203,0 м.

Площадь Новоколыванского вольфрамового месторождения около 9 кв.км. Оно приурочено к СЗ контакту Синюшинского массива белокурухинского комплекса непосредственно в пределах Северо-Восточной зоны смятия. Месторождение представляет собой линейно-штокверковую систему кварцевых и полевошпато-кварцевых прожилков с вольфрамитом и шеелитом. Пояс прожилков сопровождается полоса гидротермально измененных песчано-сланцевых отложений силура. Этот кварцево-штокверковый пояс прослежен горными выработками на 1500 м при ширине 400 м.

Мощность кварцевых прожилков в штокверке колеблется от 0,1 до 40 см, а частоты встречаемости находятся в прямой зависимости от их мощности - от 4-6 до 40-50 на пог. метр. Кроме штокверка на месторождении имеются шеелитоносные скарны, локализующиеся на западном и восточном флангах рудного поля среди известковистых пород. Интенсивность скарнирования с глубиной возрастает. По простиранию прожилки кварца и линзы скарнов прослеживаются на первые десятки сантиметров, реже метров (до 37 м). По составу скарны везувиан-гранат-пироксеновые, часто обогащены эпидотом, кварцем, флюоритом. Кроме скарнов и скарноидов имеют место метасоматические образования, отвечающие стадии грейзенов, среди которых выделяются мусковит-флюорит-кварцевые, флюорит-кварцевые и мусковит-кварцевые.

Рудная минерализация месторождения представлена шеелитом и, в меньшей степени, вольфрамитом, причем если последний присутствует только в кварцевых и кварц-полевошпатовых образованиях, то шеелит - во всех вышеперечисленных измененных породах. Зерна шеелита имеют неправильную форму и размеры до 0,5 см (в единичных случаях - 1 см). Таблитчатые кристаллы вольфрамита размером 3-4 мм (редко до 1-2 см) обычно концентрируются в зальбандах жил и очень редко в их центральной части. Берилл встречается довольно часто в виде одиночных кристаллов (до 1 см) светло-зеленого цвета, приуроченных к пустотам в центральной части жил или в виде скоплений тонких удлиненных радиально-лучистых кристаллов. Содержания бериллия на таких участках составляют 0,5-1.1 %. Повышенное содержание триоксида вольфрама (0,1% и выше) приурочено к центральной части зоны максимального окварцевания и колеблется по отдельным профилям и пробам от 0,002 до 2,3 %. Интервалы с повышенным содержанием вольфрама разделяются безрудными промежутками мощностью от 2 до 22 м. При протяженности оруденения 1500 м мощность суммированных рудных интервалов в СЗ части составляет 37 м, уменьшаясь в ЮВ до 22-27

м. Скважинами установлена относительная выдержанность развития минерализованных прожилков на всем интервале в 300 м при сохранении его характера. Учитывая, что скважины из зоны оруденения не вышли, общие масштабы месторождения достаточно велики. Месторождение относится к наиболее перспективным по вольфраму в пределах Колыванского рудного узла. При протяженности оруденения 1500 м, мощности 22 м, среднем содержании триоксида вольфрама 0,21 % перспективные запасы до глубины 350 м составляют 80 тыс. т. Перспективы месторождения В.С.Кудрин (1975) связывает "... с возможностью выявления в его пределах участков с наиболее богатыми рудами" на глубине, т.е. вблизи кровли гранитов, предполагаемой по геофизическим данным на глубине 120-250 м. Следует заметить, что ни одна из скважин не достигла поверхности массива гранитов.

### Прогнозные критерии и перспективы Алтая на крупные месторождения бериллия

Исходя из анализа мировых данных по закономерностям локализации бериллиевого оруденения, в качестве главных прогнозных критериев можно выделить ряд геологических, петрографических, литологических и минералого-геохимических особенностей рудных районов с уникально крупными месторождениями Ве.

1. Все уникальные месторождения находятся в пределах протяжённых тектонических зон, образующих глобальную регматическую сеть (Таймыро-Малайзийский, Верхояно-Марианский и др.). Рудные районы приурочены к узлам пересечения глубинных региональных разломов, в которых возникали длительно существовавшие проницаемые трещинные зоны, своими корнями достигавшие верхнемантийных флюидно-магматических очагов.

2. Рудные районы связаны с глубоко дифференцированными многофазными магматическими комплексами, включающими на заключительных фазах редкометалльные гранитоидные породы. По изотопным данным (Sr, Nd) (Костицын, 2000), интенсивная кристаллизационная дифференциация гранитоидных магм, завершившаяся образованием редкометалльных гранитов, осуществлялась в относительно короткий промежуток времени. Несмотря на относительную краткость процессов кристаллизационной дифференциации, общее развитие рудно-магматических систем для формирования крупномасштабных месторождений должно быть длительным (70 – 88 млн. лет).

3. Решающее влияние поступления мантийного вещества на образование уникально крупных месторождений соответствует понятию о "нелинейной" металлогении, введённом в работе (Щеглов, Говоров, 1985), так как масштаб рудогенеза связан не только со строением рудоносного блока земной коры, но и структурой более глубоких геосфер, вплоть до ядра, над которым располагался этот блок в период проявления магматизма и рудообразования. Очевидно, при дальнейшем развитии теоретических основ прогнозирования будут разрабатываться палеодинамические реконструкции, которые позволят ретроспективно устанавливать активные флюидоносные участки мантии.

4. Образование уникально богатых высококачественных руд в первую очередь определяется локальными факторами: составом рудообразующих флюидов, составом вмещающих пород и структурными условиями. Высокая концентрация бериллия в растворах достигается в результате глубокой дифференциации магматических комплексов при определённом составе летучих минерализаторов (F, S и др.), которые обеспечивают полную экстракцию Ве из расплава (Рейф, Ишков, 1999). Наиболее благоприятными рудовмещающими породами являются известняки, особенно органогенные, обладающие как высокой химической активностью, так и повышенной пористостью и проницаемостью. Наконец, очень важным фактором служит наличие плотных экранов, перекрывающих трещинные зоны, фокусирующие флюидные потоки.

На основе указанных критериев крупные месторождения бериллия новых геолого-промышленных типов оруденения могут быть обнаружены в районе Белорецкого Рудника и Ново-Колыванского месторождений, которые отвечают главному структурному критерию – наличию регматической системы разломов, к которой относится Северо-Восточная зона смятия. По нашим представлениям, эти участки отвечают категории нелинейной металлогении, связанной с функционированием плюмтетоники. В этой области широко развиты метасомати-ты различного состава – от скарнов до аргиллизитов. Рудогенерирующий магматизм относится к белокурухинскому комплексу, характеризующемуся многофазным строением и обилием летучих компонентов, среди которых важнейшее значение имеют фтор, бор, фосфор и другие. В контакте с рудогенными интрузиями обильны известняки, как наиболее благоприятные литологические ловушки растворов, содержащих бериллий.

### **Литература**

1. Архангельская В.В. Линеаментная минерагения СССР / Мингео СССР. ВИМС. М.: Недра. 1990. – 285 с.
2. Бериллий России: Состояние, проблемы развития и освоения минерально-сырьевой базы / Куприянова И.И., Шпанов Е.П. и др. АОЗТ “Геоинформмарк”. М., 1996, 39 с.
3. Генетические типы гидротермальных месторождений бериллия / А.И. Гинзбург, Н.П. Заболотная, И.И. Куприянова и др. – М.: Недра, 1975. - 248 с.
4. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории . Томск, 2003. – 308 с.
5. Гусев А.И. Геммология Алтая с основами геммотуризма. Бийск, 2007. -156 с.
6. Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М. Петрология и рудоносность белокурухинского комплекса. Бийск, 2008. – 165 с.
7. Закономерности формирования гидротермальных месторождений бериллия / А.И. Гинзбург, Н.П. Заболотная, И.И. Куприянова и др. – М.: Недра, 1977. - 230 с.
8. Костицын Ю.А. Накопление редких элементов в гранитах // Природа, 2000. - № 1. - С. 21 – 31; № 2. - С. 26 – 34.
9. Рейф Ф.Г., Ишков Ю.М. Ве-носные сульфатно-фторидные рассолы – продукт дистилляции остаточных пегматитов щёлконо-гранитоидной интрузии (Ермаковское F-Ве-месторождение, Забайкалье) // Геохимия. 1999. - № 10. - С. 1096 – 1111.
10. Щеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли. Отв. ред. Н.А. Шило. М.: Наука. 1985. - 325 с.