

УДК 553.3/4:553.2

УНИКАЛЬНОЕ КОМПЛЕКСНОЕ ТАНТАЛ-НИОБИЙ-РУБИДИЙ-ЦЕЗИЙ-ЛИТИЕВОЕ АЛАХИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И., Гусев Н.И.

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина,
Бийск, e-mail: anzerg@mail.ru*

Уникальное по составу и запасам редких элементов Алахинское месторождение представлено грейзенами и альбититами, сформировавшимися в апикальной части двух штоков – Главного и Малого. Грейзены представлены агрегатами кварца, альбита, литиевого фенгита-мусковита, лепидолита, турмалина. Зональность оруденения имеет вектор от штокшейдеров и грейзенов в экзоконтакте к альбититам, тарантулитам в эндоконтакте штока сподуменовых гранит-порфиров. В составе руд сподумен, тантэвксенит, микролит и танталит, а также апатит, сфен, петалит, холмквистит, амблигонит, эвксенит, поллуцит. По утвержденным запасам лития объект относится к среднему с рядовыми рудами, по прогнозным ресурсам лития до глубины 250 м – к весьма крупному, а по ресурсам тантала, рубидия и цезия – к крупному.

Ключевые слова: сподуменовые гранит-порфиры, тарантулиты, грейзены, альбититы, сподумен, лепидолит, цинвальдит, тантэвксенит, микролит, танталит, петалит, холмквистит, амблигонит, поллуцит

UNIQUE COMPLEX TANTALIUM-NIOBIUM-RUBIDIUM-CEZIUM-LITHIUM ALAKHINSKOE DEPOSIT OF MOUNTAIN ALTAY

Gusev A.I., Gusev N.I.

The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail. ru

Unique on composition and assay values of rare elements Alakhinskoe deposit performance by greisens and albitites, forming in apical sites of two stocks – Main and Little. Greisens appear aggregates of quartz, albite, lithium fengite-muscovite, lepidolite, tourmaline. Zoning of ore mineralization has vector from stocksheidars and greisens in exocontact to albitites and tarantulites in endocontact of stock spodumene granite-porphyrtes. Tanteuxenite, microlite, and tantalite and so apatite, sphene, petalite, holmquistite, amblygonite, euxenite, pollucite are in composition of ores. Object on confirmal assay value of lithium carry to middle with ordinary ores, but on extention ores of lithium to deep of 250 m. – to very big, on extention ores of tantalium, rubidium and cesium – to big deposits.

Keywords: spodumene granite-porphyrtes, tarantulites, greisens, albitites, spodumen, lepidolite, cinvaldite, tanteuxenite, microlite, tantalite, petalite, holmquistite, amblygonite, euxenite, pollucite , niobium, rubidium, cesium

Применение лития и его соединений в настоящее время весьма разнообразно. В XIX в. литий применялся в ограниченном количестве в медицине. Исключительное значение он приобрел в 50-х гг. XX в., когда было установлено, что изотоп ⁶Li может служить источником получения трития, необходимого для осуществления термоядерных процессов. Потенциальный крупный потребитель лития – энергетические установки, реализующие управляемую реакцию термоядерного синтеза, будущие основные источники энергии. В последние годы ведущей областью применения лития стала алюминиевая промышленность – добавки 3–5% карбоната лития в алюминиевые электролизеры снижают расход электроэнергии на 20% (в общей сложности) и сокращают не менее чем на 25% эмиссию фторидов в окружающую среду.

Литий (в виде обезжелезненного сподумена, петалита и карбоната лития) – традиционный компонент специальных видов керамики, стекла и ситаллов. Литиевые соли жирных кислот служат основой высококачественных консистентных смазок, работающих в широком температурном диапазоне (от –60 до +60 °С). Весьма перспективным

направлением использования металлического лития становятся алюминиевые сплавы (96% Al, 3% Li и ряд других компонентов) для авиационной и аэрокосмической промышленности; добавка лития к авиационным алюминиевым сплавам на 10% снижает массу конструкций и тем самым на 20% на единицу массы повышает эффективность эксплуатации самолета.

В электротехнической промышленности литий используется в ХИТах (химических источниках тока) – компактных электрических батареях для электронных часов, стимуляторов сердечной деятельности, устройств памяти в ЭВМ, фото- и кинокамер. Гигроскопические соединения лития эффективно применяются в установках кондиционирования воздуха (гидрооксид лития входит в системы жизнеобеспечения космонавтов), в производстве глазурей, жаростойких эмалей для реактивных и турбореактивных двигателей, высокопрочных цемента, лаков и красок, а также в медицине (карбонат лития) и ряде других областей.

Структура мирового потребления лития по областям применения и видам товарных продуктов такова (%): производство алюминия, стекла и керамики – 48 (кар-

бонат лития); консистентные смазки – 20 (гидроксид лития); стекло, керамика – 15 (минеральные концентраты); кондиционирование и очистка воздуха и газов – 9 (соли лития); аккумуляторные батареи, сплавы – 5 (металл); катализаторы для получения каучука – 2 (бутил-литий); фармацевтика и прочие области применения – 1.

В СО РАН (г. Новосибирск) выделены лабораторные партии сподуменового концентрата из всех исследованных месторождений сподумена Сибири, в том числе и Алахинского месторождения. Разработана схема переработки сподуменового концентрата с получением высокодисперсного гамма-моноалюмината лития. Проведены испытания полученного материала в топливных элементах и тепловых батареях.

Согласно опубликованным данным суммарное потребление лития в зарубежных странах в 1998 г. составило 10,4 тыс. т по сравнению с 8,1 тыс. т в 1990 г. Распоряжением правительства РФ № 50 от 16.01.96 г. литий отнесен к списку стратегических редких металлов. Указанные данные не вызывают сомнений в актуальности изучения литиевых месторождений. Широкое использование на бытовом уровне сочетается с растущим применением в сфере высоких технологий: сверхлегких сплавов, оптических стекол и оптических кристаллов для сверхвысокочастотной техники, батарей для мобильных и сотовых телефонов, современных носителей информации и т.д. [4]. Спектр областей применения непрерывно расширяется. В настоящее время карбонат и фторид лития эффективно используется в процессе электролиза алюминия. Все это предопределяет большие перспективы роста его потребления. Цель исследования – представить современную картину уникального, комплексного Алахинского месторождения с учётом новых данных по вещественному составу руд.

Результаты исследования

Алахинское месторождение относится к литий-танталовым месторождениям в сподуменных гранитах. *Алахинское редкометальное рудное поле* контролируется одноименным массивом гранитоидов и многочисленными дайками сподуменных гранит-порфиров. Алахинский гипабиссальный комплекс редкометальных гранитов (J_1) локализован в южной части Горного Алтая. Алахинский шток гранитоидов прорывает граниты девонского рахмановского комплекса и сложен сподуменными гранит-порфирами, лейкогранитами мусковит-сподуменными и тарантулитами. Температуры кристаллизации гранито-

идов от ранних фаз к поздним снижаются от 720 до 520°C. Общее давление возрастало от 1,1 до 2,6 кбар. При этом в заключительной фазе резко возрастает давление флюидной фазы. От ранних фаз к поздним происходит значительное увеличение редких щелочных и других элементов [1].

Сподуменовые гранит-порфиры сформировались на юрском этапе становления сложного гетерохронного и полиформационного Рахмановского батолита. Алахинский шток сподуменых гранит-порфиров расположен среди гранитов первой и третьей фаз гранитоидов рахмановского комплекса и на поверхности обнажается в виде двух сближенных тел. Характер поверхности сподуменых гранит-порфиров, лейкогранит-порфиров, тарантулитов, грейзенов и альбититов указывает на то, что наиболее богатая часть оруденения сформировалась под экраном более ранних рахмановских гранитоидов.

Алахинское месторождение включает Главное и Малое рудные тела площадью 0,3 и 0,2 км², соответственно. Главное тело имеет неправильную форму и вытянуто в субмеридиональном направлении. Максимальные размеры в плане 1000'650 м, площадь около 0,3 км². Падение южного контакта крутое, близвертикальное, северного – пологое (45–50°) по вмещающие граниты первой фазы.

В эндоконтакте наблюдается зона мощностью до 0,5 м с резко неравномерным составом породы. Матрикс её составляет тонкозернистый альбит, обогащённый тонкоиглольчатый чёрным турмалином. На удалении от контакта (5–50 см) в альбитите неравномерно развиты шпирь кристаллов микроклина (0,5×2 см) и гнёзда, неправильные обособления серого и тёмно-серого кварца, зеленовато-серой слюды (фенгита) и тонкоиглольчатого шера.

Далее, по мере удаления от контакта на юг и ЮВ следует зона тонко-, равномерно-зернистых альбититов и кварцевых альбититов шириной 20–30 м. Она увеличивается со стороны пологого контакта интрузива и сужается до первых метров вдоль крутых контактов. По мере удаления от контакта в альбититах постепенно возрастает количество вкрапленников кварца, появляются таблитчатые выделения сподумена, в результате чего альбититы постепенно сменяются нормальными гранит-порфирами.

За зоной альбититов в центре Главного тела развиты нормальные сподуменовые гранит-порфиры. В полосе развития останцов кровли среди гранит-порфиров изредка отмечаются небольшие шпироподобные обособления и прожилки серого и тёмно-

серого кварца, иногда с тонкоиглольчатым турмалином, чередующегося с тарантулитами и лейкогранит-порфирами. Далее на юг зернистость гранит-порфиров становится более тонкой, количество вкрапленников сподумена сокращается, порода постепенно приобретает аплитовидный облик. Южный контакт её с вмещающими гранитами резкий без заметных преобразований с обеих сторон.

Малое тело расположено гипсометрически ниже первого и обнажено лишь фрагментами. Форма его овальная. Размеры в плане 400×350 м. Площадь около 0,1 км². Сложено Малое тело породами, близкими по составу и структуре гранит-порфирам Главного тела. Лишь на СЗ отмечены отдельные участки со значительным содержанием порфирохристов сподумена. Альбититы здесь не установлены. В эндоконтакте на юге среди гранит-порфиров часто встречаются угловатые обломки вмещающих гранитов; отмечены пологие пегматоидные прожилки с укрупнёнными кристаллами сподумена.

На севере и северо-западе, в области полого погружения гранит-порфиров Главного тела под граниты первой фазы, последние вдоль контакта и в останцах кровли превращены в грейзенизированные турмалин-слюдисто-кварцевые метасоматиты. Мощность зоны приконтактной грейзенизации до 50 м. В метасоматитах наблюдаются альбит, кварц, слюда, турмалин, микроклин, флюорит, пирит, шеелит, апатит, циркон, рутил, сфен, халькопирит, эпидот, клиноцоизит. В отдельных случаях отмечены петалит, поллуцит, рибекит, холмквистит, рутил, микролит.

Наряду с турмалин-слюдисто-кварцевыми метасоматитами в экзоконтакте Главного тела широко развиты кварц-турмалиновые и существенно турмалиновые прожилки, секущие и граниты и метасоматиты. На участках, насыщенных кварц-турмалиновыми прожилками, появляются литиевый мусковит, протолизионит, а также слюды ряда биотит-лепидолит.

В сподуменовых гранит-порфирах Главного тела характерно повышенное содержание тантало-ниобатов, среди которых установлены тантэвксенит (до 58,5 г/т), микролит (до 29,8 г/т) и танталит (до 1,1 г/т), а также апатит, сфен, петалит, поллуцит, амблигонит, молибденит, флюорит, топаз, гранат, турмалин, рутил, ильменорутит, танталит-колумбит, эвксенит, шпинель, пирит, халькопирит, висмутин. Кроме того постоянно отмечаются светлые слюды: мусковит, лепидолит, цинвальдит.

Содержания тантала наиболее значительны в сподуменовых гранит-порфи-

рах Главного тела. В центре Главного тела они устойчиво выше 0,01%, а максимумы (0,02–0,043%) заметно смещены к всиячому пологому контакту. На севере, в альбититах эндоконтакта и вдоль останцов кровли содержания Та неравномерные и, в целом, пониженные. Концентрации других компонентов (%): пентоксида тантала 0,011–0,015, оксида лития 1,0–2,02, оксида цезия – 0,01–0,05, оксида бериллия – 0,01–0,025, оксида рубидия – 0,002–0,265, висмута – 0,003–0,025. Соотношение тантала к ниобию варьирует от 1:1 до 2:1.

В Малом теле содержания тантала невысокие (до 0,009–0,011%) с тенденцией резкого уменьшения их на нижних горизонтах.

В турмалин-слюдисто-кварцевых метасоматитах содержания пентоксида тантала до 0,036% выявлены непосредственно в контакте с гранит-порфирами. Мощность столь обогащённой приконтактной оторочки 1–3 м.

В апикальной части штока развиты альбититы, кварцевые альбититы, штокшейдеры, а в экзоконтакте и в остатках кровли – грейзеноподобные турмалин-слюдисто-кварцевые метасоматиты. Сподумен появляется в альбититах на некотором удалении от пологого контакта и максимально он развит в гранит-порфирах (до 30%). Постоянно отмечаются мусковит, лепидолит, цинвальдит. В меньших количествах присутствуют: петалит, поллуцит, амблигонит, молибденит, флюорит, топаз, турмалин, рутил, танталит-колумбит, эвксенит, микролит, шпинель, пирит, халькопирит, висмутин.

По химическому составу слюды в сподуменовых гранит-порфирах и метасоматитах относятся к фенгитам и литиевым фенгит-мусковитам (рисунок).

Руды месторождения классифицируются хальколитофильной геохимической специализацией. Содержания основных рудообразующих редких элементов составляют (%): Li₂O – от 0,005 до 1,83 (среднее 1,1), Ta₂O₅ – от 0,0005 до 0,11 (среднее 0,015), Nb₂O₅ – от 0,0001 до 0,09 (среднее 0,013), Cs₂O – от 0,0001 до 0,06 (среднее 0,02). Коэффициенты концентрации этих же элементов достигают: Li – 63,2, Ta – 49,2, Nb – 4,55, Cs – 37,6. Основные сопутствующие элементы зафиксированы в следующих концентрациях (%): Rb₂O – от 0,001 до 0,1 (среднее 0,08), Bi – от 0,001 до 0,05 (среднее 0,01). Коэффициенты концентрации показывают: Rb – 3,47, Bi – 151,5. Повышенные концентрации основных рудообразующих элементов отмечаются и в минералах: слюдах, полевых шпатах, кварцах. Содержания редких элементов в минералах сподуменовых гранит-порфирах и метасоматитах приведены в таблице.

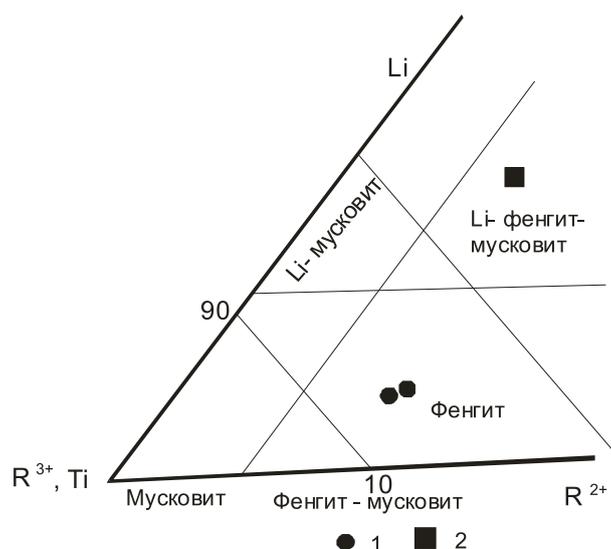


Диаграмма составов слюд сподуменовых гранит-порфиров и турмалин-слюдисто-кварцевых метасоматитов Алахинского месторождения:

1 – сподуменные гранит-порфиры; 2 – турмалин-слюдисто-кварцевые метасоматиты

Содержания тантала и редких щелочей в минералах рудогенерирующих гранит-порфиров и метасоматитов (в масс. %)

Породы и метасоматиты	Минералы	Концентрации элементов				
		Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Li ₂ O	Rb ₂ O	Cs ₂ O
Сподуменные гранит-порфиры	Фенгит	0,012	0,032	0,430	0,500	0,04
	Фенгит	0,014	0,034	0,420	0,485	0,05
	Сподумен	0,098	0,039	7,63	0,002	0,005
	Сподумен	0,11	0,045	7,65	0,004	0,006
	Альбит	0,003	0,003	0,710	0,200	0,03
	Кварц	0,004	0,003	0,310	0,03	0,04
Сподуменные лейкогранит-порфиры	Фенгит	0,012	0,034	0,425	0,540	0,04
	Сподумен	0,032	0,012	5,65	0,002	0,002
	Альбит	0,003	0,003	0,350	0,130	0,02
	Кварц	0,004	0,003	0,480	0,03	0,007
Турмалин-слюдисто-кварцевые метасоматиты	Литиевый фенгит-мусковит	0,004	0,007	1,57	0,57	0,38
	Альбит	0,003	0,004	0,035	0,011	0,005
	Турмалин	0,003	0,003	0,076	0,002	0,001
	Кварц	0,004	0,005	0,330	0,05	0,01

Примечание. Количественный химический анализ выполнен в Лаборатории Ульбинского завода (Казахстан).

Следует отметить, что к юго-западу от Главного тела наблюдается рой даек сподуменовых гранит-порфиров в полосе шириной 400–700 м, отходящей от Главного тела. Большинство даек в этой полосе залегает с пологим падением в северных румбах, изредка субгоризонтально. Часть даек являются радиальными, подчёркивая существование на глубине не вскрытого эрозией ещё одного слепого купольного штока гранит-порфиров. Протяжённость даек десятки метров, мощности от 0,1 до 4 м.

Рудное тело, оконтуренное по бортовому содержанию 0,007% Ta₂O₅, образует куполовидную залежь в апикальной части небольшого (площадь выхода 0,4 км²) массива сподуменовых гранитов. Литиевые минералы представлены в основном сподуменом, встречаются также петалит и монтебразит, а танталовые минералы – танталитом и микротитом. В небольшом количестве присутствует поллуцит. Среднее содержание Li₂O в рудах 0,71%. Алахинское месторождение – одно из крупнейших литиевых ме-

сторождений Сибири. Прогнозные запасы его оцениваются в 68 млн т руды со средним содержанием сподумена 5%, то есть приблизительно 3,4 млн т сподуменного концентрата или 448 тыс. т Li_2O . Наряду со сподуменом из руд можно извлекать танталовый, слюдяной, полевошпатовый концентраты. Основными рудными минералами являются сподумен, танталит, поллуцит, слюды, полевые шпаты. Средние содержания в рудных телах (%): литий – 0,8, тантал – 0,012, ниобий – 0,015, рубидий – 0,12, цезий – 0,026. Запасы тантала первой очереди месторождения утверждены ГКЗ по Главному штоку до глубины 50 м. По утвержденным запасам объект в настоящее время относится к среднему с рядовыми рудами, по прогнозным ресурсам лития до глубины 250 м – к весьма крупному, а по ресурсам тантала, рубидия и цезия – к крупному.

Выводы

Алахинское месторождение формировалось в связи со становлением сподуменных гранит-порфиров, которые характеризовались весьма высокими концентрациями фтора, бора, фосфора, воды и других летучих компонентов. Такая перенасыщенность летучими компонентами приводила к тому, что на заключительных фазах формировались ультракислые граниты – лейкограниты и тарантулиты (с содержанием SiO_2 более 85%), которые, по сути, становились рудными в апикальной части штока сподуменных гранит-порфиров, где кристаллизовались

и более поздние – альбититы, грейзены и штокшейдеры. Направленность процесса к генерации ультракислых тарантулитов обуславливалась обогащённостью расплава солями щелочных металлов, отличающихся высокой растворимостью (Cs, Rb, Li и других) и способностью понижать температуры кристаллизации магм, что весьма характерно для плюмазитовых магм анорогенных обстановок формирования [1–3]. Характер проявления ультракислой ветви в сподуменных гранит-порфирах тарантулитов и полосчатых обособлений кварца указывает на ликвационный механизм их формирования. Всё это обусловило образование комплексного уникального месторождения Li, Ta, Nb, Rb, Cs в апикальной части штока, где в последующем проявились штокшейдеры, грейзены турмалин-слюдисто-кварцевые, альбититы с богатыми рудами под экраном более ранних гранитоидов Рахмановского массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Петрология редкометалльных магмо-рудно-метасоматических систем Горного Алтая // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2005. – № 4. – Т. 307. – С. 43–47.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Магмо-флюидодинамическая концепция эндогенного рудообразования на примере Горного Алтая и других регионов // Региональная геология и металлогения. – 2005. – № 23. – С. 119–129.
3. Гусев А.И. Классификация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 4. – С. 57–59.
4. Комин М.Ф., Ефимов В.Ф., Клаповская Л.И. Методические рекомендации по прогнозной оценке лития. – М.: ИМГРЭ, 2005. – 18 с.