

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ ЛИТИЕВЫХ, РУБИДИЕВЫХ И ЦЕЗИЕВЫХ РУД

- I. Общие сведения
 - II. Группировка месторождений по сложности геологического строения
 - III. Требования к изученности месторождений
 - IV. Требования к подсчету запасов
 - V. Оценка степени изученности месторождений (участков месторождений)
 - VI. Пересчет и переутверждение запасов
- Приложение. Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых.

Настоящая Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям литиевых, рубидиевых и цезиевых руд (далее – Инструкция) разработана в соответствии с Законом Республики Узбекистан «О недрах» № 987 от 31 октября 2024 года и «Классификацией запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (Госкомгеологии, 2022), а также с учетом отечественной и зарубежной практики геологоразведочных работ по оценке и разведке месторождений литиевых, рубидиевых и цезиевых руд, подсчету их запасов.

Инструкция определяет основные требования к изученности и подсчету запасов месторождений литиевых, рубидиевых и цезиевых руд, степени подготовленности их для промышленного освоения, порядку пересчета и переутверждения запасов.

С выходом настоящей Инструкции утрачивает силу «Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям литиевых, рубидиевых и цезиевых руд» утвержденная Государственным комитетом Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам от 1999 г.

Составители: Глейзер Л.М., Охунов А.Х., Рахмонова Н.Б.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Литий – легкий серебристо-белый щелочной металл, (быстро тускнеющий на воздухе), отличающийся самым малым удельным ($0,53 \text{ г/см}^3$) и атомным (6,94) весом из всех твердых элементов и самой большой удельной теплоемкостью из всех известных элементов. Он в 5 раз легче алюминия; легко режется ножом (твердость 0,6 по шкале Мооса), ковоч и тягуч, прокатывается в листы любой толщины, хорошо обрабатывается прессованием. Температура плавления – $180,5^\circ\text{C}$, кипения – 1317°C . Природный литий – смесь двух стабильных изотопов - литий-6 (7,42%) и литий-7 (92,5%).

Благодаря исключительной реакционной способности легко сплавляется почти со всеми металлами, образуя твердые растворы или интерметаллические соединения. Во всех соединениях – одновалентен. Образует многочисленные неметаллические литийорганические соединения, что определяет его большую роль в органическом синтезе.

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 ${}^6\text{Li}$ 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.

Исключительное значение литий приобрел в 50-х годах нашего столетия, когда было установлено, что изотоп литий-6 может служить источником получения трития, важнейшего компонента термоядерного оружия и дейтерида лития - ядерного горючего, необходимого для осуществления термоядерных процессов. Вызванный этим «литиевый бум» сопровождался бурным ростом научно-исследовательских работ, показавших исключительную эффективность промышленного использования лития и его соединений.

В настоящее время благодаря своим свойствам литий применяется в различных областях промышленности. Ведущей областью применения лития является производство литий – ионных батареи различного вида (включая аккумуляторы для электромобилей, компактные батареи для электронных часов, стимулирования сердечной деятельности, устройств памяти ВЭМ, крупномасштабных сетей накопления электроэнергии). Значительная часть лития меняется для электролиза алюминия. Добавки 3-5 % карбоната лития в алюминиевые электролизеры снижают расходы электроэнергии на 20 % (в общей сложности) и сокращают не менее 25 % эмиссию фторидов в окружающую среду.

Литий (в виде обезжелезненного сподумена, петалита и карбоната лития) – традиционный компонент специальных видов керамики, стекла и ситаллов.

Использование металлического лития в алюминиевых сплавах (96 % Al, 3% Li и ряд других компонентов) для авиационной и аэрокосмической техники до 20 % снижает массу конструкций и тем самым на 20 % повышает эффективность эксплуатации самолетов и экономию до 1,0 тыс.т горючего в год на один авиалайнер.

Гигроскопические соединения лития эффективно применяются в установках кондиционирования воздуха на подводных лодках, гидроксид лития входит в системы жизнеобеспечения космонавтов, в производстве глазурей, жаростойких эмалей для реактивных и турбореактивных двигателей, высокопрочных цементов, лаков и красок, а также в медицине (карбонат лития) и ряде других областей.

2. Цезий – блестящий металл белого цвета с желтоватым оттенком, самый мягкий из всех металлов, имеющий плотность 1.84 г/см³, самую низкую температуру плавления - 28.5°C; температура кипения 688°C; диамагнитен. Из всех металлов обладает наибольшим атомным (2.60°A) и ионным (1.86°A) радиусами и наименьшим первым потенциалом ионизации, благодаря чему характеризуется самой высокой химической активностью (мгновенно воспламеняется на воздухе), высокой термической стойкостью солей и прочными соединениями. Обладает уникальными свойствами-из всех металлов он наиболее легко ионизируется при облучении солнечными или космическими лучами; при нагревании цезий становится источником потока электронов, на чем основано производство фотоэлементов, фотоэлектронных умножителей, электронно-оптических преобразователей, солнечных батарей. Это свойство наряду с большой атомной массой (132.91) и низкой температурой кипения открывает перспективы использования цезия в качестве топлива (цезиевой плазмы) в ионных ракетных двигателях для космических полетов, а также для повышения эффективности работы плазменных генераторов, т.е. непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую, что осуществляется в магнитогидродинамических (МГД) генераторах и термоэмиссионных преобразователях (ТЭП).

Цезий применяется для изготовления фотокатодов, люминисцирующих экранов в УФ - микроскопии, специальных оптических стекол, приборов ночного видения, твердых электролитов, систем связи на волоконной оптике и т.д.; рассматривается как один из важнейших компонентов при изготовлении современной техники. Радиоактивные изотопы цезия (133 и 137) используются в радиологии, геохронологии, измерительной технике, гамма-дефектоскопии, стерилизации лекарств и пищевых продуктов, в научных исследованиях. Высок уровень спроса на металлический цезий в качестве катализатора крекинга и синтеза нефти, десульфуризации тяжелых нефтей.

3. Рубидий, как литий – легкий, серебристо-белый. Плотность 1,52 см³,

температура плавления 39 °С. Обладает высокой химической активностью. Быстро окисляются на воздухе, водой реагирует взрывом. Большинство из которых хорошо растворяется в воде.

Области применения рубидия являются электроника, специальная оптика, медицина. Чистый рубидий 98% применяются в газовых датчиках.

4. Литий, цезий, рубидий относятся к редкощелочным металлам.

Среднее содержание лития в земной коре $2,70 \cdot 10^{-3} \%$, в том числе в основных магматических породах $1,5 \cdot 10^{-3} \%$ средних $2,5 \cdot 10^{-3} \%$, кислых – $3,8 \cdot 10^{-3} \%$.

Среднее содержание в земной коре цезия $3,7 \cdot 10^{-4} \%$, в том числе в основных магматических породах $1,5 \cdot 10^{-4} \%$, средних $1,5 \cdot 10^{-4} \%$, кислых – $5 \cdot 10^{-4} \%$.

Среднее содержание рубидия в земной коре $1,5 \cdot 10^{-2} \%$ (ранее принималась $3,8 \cdot 10^{-3} \%$). Содержания рубидия, как и лития, цезия, увеличивается от основных магматических пород к кислым.

5. Литий входит в состав 86 минералов, в основном силикатов и фосфатов. Литиевых минералов основное промышленное значение имеют (табл.1).

Цезий образует собственный минерал поллуцит, а также цезиевые биотит. Минералы лития и цезия характеризуются высокой изменчивостью содержания как основных компонентов, так и элементов-примесей в пределах отдельных рудных тел и месторождений в целом.

Рубидий собственных месторождений и минералов не образует. Основных концентратов рубидия является рубидийсодержащий лепидолит (до 2,5-4,5 % Rb_2O) извлекается из него в виде побочного продукта при производстве лития.

Рубидий также выделяют из отработанного электролита, получающегося при получении магния из карналлита.

Таблица 1

Важнейшие промышленные минералы лития и цезия

Минерал	Структурно-химическая формула	Содержание Li_2O , Cs_2O , %	Элементы-примеси	Плотность, г/см ³
Минералы лития				
Сподумен	$LiAl(Si_2O_6)$	Li_2O 5,9–7,6	Rb, Cs, Ga, Sn	3,1–3,2
Амблигонит	$LiAl(PO_4)F$	Li_2O 7,6	Sn, Ga, Be, Ta	3,0–3,1
Монтебразит	$LiAl(PO_4)OH$	Li_2O 7,0–9,0	–	3,0–3,1
Петалит	$LiAlSi_4O_{10}$	Li_2O 3,4–4,1	Ba, Sr	2,4
Эвкрипит	$LiAlSiO_4$	Li_2O 6,1	Ba, Sr, Ga, Be, Sn	2,6–2,7

Минерал	Структурно-химическая формула	Содержание Li ₂ O, Cs ₂ O, %	Элементы-примеси	Плотность, г/см ³
Лепидолит	KLi _{1,5} Al _{2,5} Si ₃ O ₁₀ (F, OH) ₂ – K ₂ Li ₃ Al ₅ Si ₆ O ₂₀ (F, OH) ₄	Li ₂ O 4,1–5,5	Ge, Tl, Ga, Rb, Cs	2,8–2,9
Циннвальдит	KLiFeAl ₂ Si ₃ O ₁₀ F ₂	Li ₂ O 2,9–4,5	Rb, Cs, Be	2,9–3,2
Полилитионит	KLi ₂ AlSi ₄ O ₁₀ (F, OH) ₂	Li ₂ O 5,5–8,8	Rb	2,8
Минералы цезия				
Поллуцит	CsAlSi ₂ O ₆ · H ₂ O	Cs ₂ O 20–36,1	Rb, Be, Li	2,8–2,9
Цезиевый биотит	(K, Cs, Rb)(Fe, Mg) ₃ [Si ₃ AlO ₁₀](F, OH) ₂	Cs ₂ O до 6	Li, Ga, Rb	3,0–3,1

В практике «Классификации запасов месторождений литиевых, рубидиевых и цезиевых руд» они подразделяются, как и другие месторождения металлических полезных ископаемых, по величине запасов металлов - на мелкие, средние, крупные и очень крупные.

По классификации, в зависимости от содержания металлов, месторождения подразделяются на бедные, рядовые, богатые и очень богатые (уникальные).

В табл. 2 приведены усреднённые по различным источникам за последние годы количественные показатели, соответствующие принятым подразделениям.

Таблица 2

Количественные показатели, принятые для подразделения месторождений литиевых, цезиевых и рубидиевых руд по величине запасов и содержанию металлов

По запасам, тыс.т.				По содержанию, %			
месторождения	Li ₂ O*	Cs ₂ O	Rb ₂ O	месторождения	Li ₂ O	Cs ₂ O	Rb ₂ O
очень крупные	более 1,0	более 100	более 200	очень богатые	более 2,0	более 0,5	более 1,0
крупные	0,3-1,0	20-100	100-200	богатые	1,2-2,0	0,2-0,5	0,5-1,0
средние	0,1-0,3	5-20	10-110	рядовые	0,6-1,2	0,1-0,2	0,2-0,5
мелкие	меньше 0,1	меньше 5,0	10,0	бедные	меньше 0,6	меньше 0,1	меньше 0,1

*Li₂O – млн.т.

6. Основными традиционными типами месторождения лития и цезия являются месторождения в редкометалльных пегматитах (Россия, США, Китай, Канада, Казахстан). Среди из них выделяются литиевые и комплексные литий-цезий-танталовые типы.

Литиевые месторождения в редкометалльных пегматитах представлены линейно вытянутыми субпараллельными крутопадающими жилами пегматитов, протягивающимися на многие сотни метров и километры вдоль зон региональных разломов. Мощность жил изменяется от 0,5–1 до 2–25 м.

Вертикальный размах сподуменового оруденения 3–3,5 км. Вмещающими являются различные породы, метаморфизованные до кордиерит-амфиболитовой фации.

В Узбекистане редкометалльные пегматиты содержащие сподумен развиты в Южном Узбекистане (Наука, Турткуль), со сподуменом лепидолитов, танталитов в Западном Узбекистане (Нангип).

Промышленные значение имеют месторождения, представленные куполообразными залежами в апикальной части массивов со сподуменовых гранитов. К ним относится выявленные в России месторождения Алатинское. Литиевые минералы представлены в основном сподуменом встречаются также петалит и монтебразит, а танталовые минералы – манталитом и микролитом. Не большом количестве присутствуют поллуцит. Среднее содержание Li_2O 0,71%.

Литий извлекаются также из флюорита – слюдистых грейзенов, цезий – из околопегматитовых метасоматитов, в которых он входит состав цезиевого биотита.

Кроме традиционных месторождений литиевых руд последние годы все больше значение приобретают крупные по запасам литий месторождения в вулканогенно-осадочных породах кальдер. Из месторождений этого типа подготавливаются к отработки вулканогенно-осадочные месторождения Такер-Пасс в кальдере Магдернит миоценового возраста (США, штат Невада).

Месторождения представлено пологими пластообразными залежами аргиллитов с гектолитом и литийсодержащим иллитом, который полностью или частично замещают гектолит. Из примеси присутствуют кальцит, доломит, битум. Вмещающие породы сложены тефрой, риолитовыми туфами, туфы алевролитами песчаниками.

Содержание Li_2O гектолитовых пластах до 0,5-0,8% в иллитовых до 0,9-1,9 %. Среднее содержание Li_2O в планируемых к отработке рудах составляют 0,68%. Руды обогащены рубидия.

На вулканогенно-осадочным месторождении лития Ядер Сербии выявлен новый литийсодержащий минерал ядарит $\text{LiNaB}_3\text{SiO}_7(\text{OH})$ с содержанием Li_2O 1,80 %.

В Узбекистане кальдерному типу относится месторождения Нурликон (ранее выделялась как Шавасайское) расположенные в нижнепермское кальдере юго-восточной части Чилтенской вулканогенно-тектонической депрессии на юго-востоке Чаткалкий гор.

Месторождения представлено пологими пластообразными залежами в метасоматических измененных литийсодержащих углеродисто-карбонатно-кремнистых алевролитах. Мощность рудных залежи от 10-15 м до 50-60 м и более.

Углеродистые вещество состоит из растительного детрита и метаморфизованного битума (керит, шунгит). Одним из основных

минеральных компонентов руд являются флюорит (2-3%) с размером зерен 0,5-1,5мм. Вмещающие рудные залежи породы сложены туфами риолитов, туфобрекчиями, туфопесчаниками, алевролитами, кремнисто-алевролитами, терской.

Основная масса лития связано с тонкочешуйчатым полилитионитом, метасоматически замещающим первоначально обогащённый литий тонкослоистыми вулканогенно-осадочные породы. По метасоматическому кальцитов иногда развит тайниолит.

Распределение лития неравномерно (от 0,2-0,3% до 1,0-1,2%) и составляют в средних по месторождению 0,52%. Руды содержит в среднем 0,02% Cs₂O, 0,04% Rb₂O.

Концентратами лития, цезия и рубидия являются полилитионит (содержания Li₂O - 4,5-6%, Cs₂O - 0,03-0,5%, Rb₂O - 0,14-0,16%), тайниолит (Li₂O - 2,5-2,8%, Cs₂O - 0,02-0,025%, Rb₂O - 0,12-0,17%). До 1-2% и 1-3% литий содержится также в фенгите и смещенно-слоистых слюдах гидрослюда-монтмориллонит.

Основные выявленные и потенциально-промышленные для промышленности типы месторождений лития и цезия представлены в таблице 3.

Таблица 3

Основные выявленные и потенциально-промышленные типы месторождений лития и цезия

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Примеры месторождений
Литиевый в пегматитах	Плитообразный, жильный в габбро-анортозитах, амфиболитах, сланцах, известняках	Сподуменовый	Li ₂ O 0,5–1,5	Ta, Be, Nb, Sn, полевой шпат	Завитинское, Колмозерское, Тастыгское (Россия), Кингс-Маунтин (США)
Литий-цезий-танталовый в пегматитах	Линзо и пластообразный жильный в амфиболитах, кристаллических сланцах и гнейсах	Сподумен-берилл-танталитовый, поллуцит-сподумен-танталитовый, сподумен-воджинит-танталитовый	Ta ₂ O ₅ 0,01–0,04; Cs ₂ O 0,1–0,8; Li ₂ O 0,3–1,5; BeO 0,02–0,07	Nb, Sn, Ga, полевой шпат	Вишняковское, Вороньегундровское (Россия), Бакенное (Казахстан), Берник-Лейк (Канада)

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Примеры месторождений
Литий-танталовый в сподуменовых гранитах	Куполообразные залежи в апикальной части массивов сподуменовых гранитов	Танталит-сподуменовый	Li_2O 0,5–1,0; Ta_2O_5 0,008–0,014	Nb, Rb, Cs	Алахинское (Россия)
Литий в вулканогенно-осадочных породах	Пологий, пастообразные залежи. Тефра, риолитовые туфы, туфоалевролиты, песчаники	Гектолит-иллитовый	Li_2O больше 0,68	Rb	Такер-Пасс (США штат Невада)
Литий в метасоматических измененных литийсодержащих вулканогенно-осадочных породах	Пологий, пастообразные залежи. Туфы риолитах, туфобрекчии, туфопесчанники, алевролиты, кремнистые алевролиты, тефры	Полилитионитовый	Li_2O больше 0,52	Cs, Rb, CaF_2 флюорит	Нурликон (Узбекистан)

7. Технологические свойства руд литиевых и цезиевых месторождений зависят от их минерального состава, размера зерен рудообразующих минералов или их агрегатных скоплений, текстурно-структурных особенностей и содержаний Li_2O и Cs_2O в рудах.

Для получения товарной продукции все руды подвергаются обогащению. Качество концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

В промышленности для обогащения литиевых руд применяются следующие методы:

сподумен, петалит и поллуцит, представленные крупными кристаллами (класс +25 мм), извлекаются в товарные концентраты путем ручной рудоразборки или другими простыми методами обогащения.

для сподуменовых руд (при отсутствии других минералов со способностью декрипитироваться – альбита, флюорита, кальцита, слюды и др.) используется термическое обогащение. Сырье крупностью от 50–20 до 0,2–0,3 мм обжигается при температуре 1000–1200 °С в течение 1–2 ч, резко охлаждается и измельчается с получением литиевого концентрата;

обогащение мелкокрапленных литиевых руд, в частности, сподуменовых, содержащих 1–1,2 % Li_2O , производится методом флотации

или с помощью тяжелых суспензий. Перспективно применение обогащения в тяжелых суспензиях в качестве предварительной операции для удаления части пустой породы перед флотацией. Флотация, являющаяся в настоящее время основным методом обогащения собственно литиевых и комплексных руд, применяется в трех вариантах: прямая, обратная и коллективная.

Для переработки комплексных руд эти методы сочетаются в виде комбинированных схем, дополняемых в некоторых случаях магнитной сепарацией и гравитационными методами.

Используются литиевые концентраты различного качества: сподуменовые с содержанием Li_2O 4,5–6 %, лепидолитовые – 3–4 %, петалитовые – 2,5–3,5 %, амблигонитовые – 7–8 %. По существующим стандартам сподуменовые концентраты должны содержать не менее 4 % Li_2O .

Ведущим методом обогащения цезиевых руд также является флотация – прямая или обратная. Переработка цезий-биотитовых руд более трудоемка, чем поллуцитовых. Она, как правило, включает флотацию в сочетании с химико-металлургическими процессами (циклонно-экстракционным, сернокислотного выщелачивания).

Основной конечной продукцией переработки литиевых концентратов является карбонат лития (Li_2CO_3). Карбонат лития с чистотой менее 97% используется для производства керамики и специального стекла. Карбонат-лития батарейного качества доле чистоту не менее 99%.

Для переработки литиевых концентратов используются в зависимости от минерального состава различные методы.

Извлечение лития из сподуменовых концентратов получением карбоната-лития включает обжиг концентратов в переводе α -сподумена более реакционных β -сподумен, последующее продолжение его серной кислотой, выщелачивание полученного сульфидированного материала водой, очистки раствора от примесей с помощью известняка и соли и затем осаждение карбоната лития с использованием соды.

Для получения карбоната-лития из лепидолита и других литиевых руд производится выщелачиванием лития в сернокислотной среде. После выщелачивания водой проводится серия стадии очистки от примесей с последующим осаждением карбоната-лития, как и при переработке сподуменовых концентратов с использованием соды.

Рубидий из лепидолитовых концентратов выделяется из маточного раствора после осаждения карбоната-лития в виде алюморубидиевых квасцов. Для извлечения лития и квасцов используются методы экстракции и ионообменной хроматографии. Соединения рубидия высокой чистоты получают с использованием полигалогенидов.

Цезий – из поллуцитового концентрата извлекается в виде соединений. Это делается из поллуцитовых концентратов путем хлоридного или сульфатного вскрытия. Первый включает обработку концентрата подогретой

соляной кислотой, добавление хлорита сурьмы ($SbCl_3$) для осаждения соединения цезия ($CsSb_2Cl_9$) и промывкой горячей водой или раствором аммиака с образованием хлорида цезия $CsCl$. При втором – концентрат обрабатывается подогретый серной кислотой с образованием алюмоцезиевых квасцов.

Для получения цезия достаточной степени чистоты требуется многократная ректификация в вакууме, очистка от примесей, ступенчатая кристаллизация.

8. При невозможности обогащения литиевых руд из-за концентрации лития в тонкочешуйчатых слюдах. Наличия их сростков с другими минералами (месторождение Нурликон) разработана технология, включающая спекание литиевых руд с фосфогипсом (отходы переработки фосфоритов) с добавкой сульфата калия, выщелачивание лития из материала спекания водой и осаждение из продуктивного раствора после очистки от примесей карбоната лития с использованием соды. Полученный по данным технологических испытаний карбонат лития высокой чистоты (99,5%), со сквозным извлечением лития составило 94,1%. Для извлечения лития из неподдающихся обогащению аргиллита с гектолитом при отработке месторождения лития Такер-Пасс также предусмотрена обжиговая технологическая схема: обжиг аргиллита с гипсом для перевода лития в растворенную форму, выщелачивание лития из растворами водой и осаждение из раствора карбоната лития батарейного качества. Извлечение лития составляет около 85%.

9. За рубежом одним из самых важных природных источников лития является гидроминеральное сырье – поверхностные и близповерхностные рапы соляных озер, салары (Чили), солончаки (Боливия).

Потенциальным природным источником лития являются также попутнодобываемые при отработке нефтегазовых месторождений. В Узбекистане подземные воды с повышенным содержанием лития установлены на нефтегазовом месторождении Джаракчи в Южном Узбекистане. Для извлечения лития из подземных вод разработан электрохимический метод.

II. ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

10. По размерам и формам рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения литиевых руд соответствуют, в основном, 2-ой и, частично, 3-ей группам, а месторождения цезиевых руд к 3-ей и 4-ой группам «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

Ко 2-й группе относятся: 1) месторождения (участки месторождения) сложного геологического строения, представленные линейно вытянутыми крутопадающими сериями жильных рудных тел большой протяженности

(1–2 км), невыдержанной мощности, с неравномерным распределением оксида лития (Полмостундровское, Тастыгское месторождения в России, Бекинское Казахстане, Берник-лейк Канаде), и крупными ($n \cdot 100 \times n \cdot 100$ м) куполообразными залежами в апикальной части массивов мусковит-сподуменовых гранитов (Алахинское месторождение в России); 2) месторождение пологопадающими пластообразными залежами мощностью до 50-60м и более и равномерным распределением лития в метасоматических измененных литийсодержащих вулканогенно-осадочных породах (Нурликон в Узбекистане).

К этой группе можно отнести также месторождения аргиллитов с гектолитом (Такер-Пасс США).

К 3-й группе относятся месторождения (участки месторождения) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными жилами, жильными сериями или жило- и линзообразными метасоматическими залежами небольшой протяженности (50–100 до 500 м), изменчивой мощности, с весьма неравномерным распределением полезных компонентов (месторождение Гольцовое в России). В Узбекистане к 3-й группе относятся участки редкометалльных пегматитов Мангит со сподуменом лепидолитом, танталитом.

К 4-й группе относятся месторождения (участки месторождения) весьма сложного геологического строения, представленные мелкими жилами, линзами, телами поллуцитсодержащих пегматитов с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением рудных скоплений: участки с высокими содержаниями оксида цезия перемежаются с безрудными (месторождение Васин-Мыльк в России).

11. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70 % общих запасов месторождения.

При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (приложение 1).

III. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗУЧЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

12. Для наиболее эффективного изучения месторождений необходимо осуществлять рациональное комплексирование методов и технических средств разведки, соблюдать установленную стадийность геолого-разведочных работ, своевременно производить постадийную геолого-экономическую оценку результатов исследований. Изученность месторождения должна обеспечить полноту комплексной оценки, возможность его комплексного освоения при обязательном соблюдении требований по охране окружающей среды.

13. На всех вновь выявленных месторождениях до перехода к разведке проводятся оценочные работы в объемах, необходимых для обоснованной

оценки их промышленного значения. Разведка производится месторождений, промышленное значение которых обосновано технико-экономическими расчетами, и при наличии заказчика.

По результатам оценки, разведки месторождения разрабатывается технико-экономическое обоснование разведочных кондиции для подсчета запасов. В соответствии с принятыми кондициями и требованиями «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» подсчитываются и утверждаются в установленном порядке геологические запасы литиевых и цезиевых руд, а также попутных полезных компонентов, имеющих промышленное значение, по категориям В, С₁, С₂ в зависимости от степени изученности и эксплуатационные их запасы по категориям А₁ и А₂ в зависимости от степени достоверности. За контуром подсчета запасов оцениваются прогнозные ресурсы категории Р₁.

14. По изученному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствует его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях литиевых и цезиевых руд обычно составляются в масштабах 1:1000 - 1:10000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200 - 1:500; сводные планы - в масштабе не мельче 1:2000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

15. По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту, карту полезных ископаемых масштаба 1:25000 - 1:50000 с соответствующими геологическими разрезами, отвечающие требованиям инструкций к картам этого масштаба. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих на литий и цезий структур и рудовмещающих комплексов пород, а также перспективных участков, на которых оценены прогнозные ресурсы лития и цезия.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

16. Геологическое строение месторождения должно быть изучено в достаточной степени и отображено на геологической карте масштаба 1:1000 - 1:10000 (в зависимости от его размеров и сложности), геологических разрезах, планах, проекциях, объемных 3D моделях, а в необходимых случаях на блок-диаграммах, структурных планах подошвы (кровли) рудных тел, планах изосодержаний, изомощностей. Геологические и геофизические

материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных на лития и цезия участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории Р₁.

17. Выходы и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками (канавы, шурфы) и мелкими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств, содержаний меди и попутных компонентов.

18. Оценка месторождения литиевых и цезиевых руд на глубину, а также разведка на глубину месторождений простого строения проводится, как правило, скважинами; разведка месторождений сложного строения – скважинами в сочетании с горными выработками с использованием данных геофизических исследований: наземных, в скважинах и горных выработках.

Оценка месторождения проводится на глубину с учетом развития оруденения, установленного по данным поискового бурения, геофизических исследований. Глубина разведки ограничивается горизонтами, экономически целесообразными для разработки с использованием современных технологий освоения месторождений.

19. Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования - должна обеспечивать возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей месторождения с учетом возможностей горных, буровых и геофизических методов разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

20. Для обеспечения достоверности оконтуривания рудных тел подсчета запасов основным способом оценки и разведки месторождений является колонковое бурение.

21. По скважинам колонкового бурения должен быть получен

максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна должен быть не менее 90 % по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Представительность керна для определения содержания лития и цезия, а также мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок. При низком выходе керна или его интенсивном избирательном истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки.

При разведке верхних частей месторождений, сложенных рыхлыми разновидностями руд (зона окисления), следует применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т. п.).

Для повышения достоверности и информативности бурения следует использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении. Следует также для повышения информативности бурения применять отбор ориентированного керна в целях уточнения структуры месторождения, увязки рудных пересечений.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Контрольные замеры глубины скважин проводятся не реже чем через 50 м проходки.

Для скважин необходимо обеспечить пересечения ими рудных тел под углом не менее 30°. Для пересечения крутопадающих рудных тел под

большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

22. Горные выработки проходятся, как правило, для заверки данных бурения, геофизических исследований, отбора технологических проб, а на месторождениях сложного геологического строения – также для изучения (в сочетании со скважинами) условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд.

На месторождениях, разведка которых осуществляется с применением горных выработок, должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках сплошность и изменчивость оруденения по простиранию и падению: по маломощным рудным телам непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – пересечениям квершлагами, ортами, подземными горизонтальными скважинами.

Горные выработки проходятся преимущественно на участках детализации, а также участках и горизонтах месторождения, намечаемых к первоочередной отработке. Горные выработки должны быть пройдены с расчетом максимального использования при разработке месторождений.

23. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и возможности использования геофизических методов для оконтуривания рудных тел и изучения их сплошности.

Приведенные в таблице 4 обобщенные сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений литиевых и цезиевых руд в станах СНГ, различной группы геологической сложности могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные.

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений литиевых и цезиевых руд в странах СНГ

Группа Место- рождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояние между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий					
			B		C ₁		C ₂	
			по простирацию	по падению	по простирацию	по падению	по простирацию	по падению
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-я	А. Линейно-вытянутые крутопадающие жилы и жильные серии большой протяженности, не постоянной мощности с неравномерным распределением оксида лития	Штреки	-	40-60	-	-	-	-
		Орты	40-60	-	-	-	-	
		Восстающие	80-120	-	-	-	-	
		Скважины	50	50	100-150	50-100	200-300	50-100
2-я	Б. Слабо нарушенные пологопадающие пластообразные залежи большой мощности в осадочно-вулканогенных породах, с неравномерным распределением оксида лития	Скважины	40	40	80	80	160	80
		Квершлаг Орты Восстающие	Горные выработки проводятся для выяснения морфологии рудных тел, подтверждения их сплошности, отбора проб на технологические испытания и подтверждения данных опробования керна					
3-я	Жильные серии, жилы или жило- и линзообразные метасоматические залежи небольшой протяженности, изменчивой мощности с весьма неравномерным распределением полезных компонентов	Штреки	-	-	-	20-30	-	40-50
		Орты	-	-	20-30	-	-	
		Восстающие	-	-	60-80	-	-	
		Скважины	-	-	40-50	40-50	80-100	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
4-я*	Мелкие жилы, линзы, тела поллуцитсодержащих пегматитов и околопегматитовых метасоматитов с чрезвычайно сложным, прерывистым, гнездообразным распределением рудных скоплений цезия	Штреки	-	-	-	10-15	-	20-30	
		Орты	-	-	20	-	40	-	
		Восстающие	Не менее одного пересечения по каждому телу						
		Скважины	-	-	20-25	20-25	40-50	20-30	

** Используются сведения о плотности разведочной сети для мелких рудных тел, характеризующихся исключительно сложным строением и прерывистым распределением оксида цезия*

Рациональная геометрия и плотность сети разведочных выработок для каждого месторождения обосновывается на основании изучения участков детализации, аналитических расчетов, а также тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям. Необходимо также использование современных компьютерных программных обеспечений для многовариантного анализа плотностей разведочной сети, учитывающего внутреннее строение рудных тел, их морфологию и характер распределения лития и цезия и попутных компонентов.

24. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки и горизонты месторождения должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются исходя из сложности геологического строения месторождения. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 2-й групп должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3-й группы - по категории С₁. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок целесообразно сгустить, как правило, не менее чем в два раза по сравнению с принятой для категорий С₁. Для подтверждения достоверности запасов категории С₂ сеть разведочных выработок, принятых для категории С₁, разрежается в два раза. На месторождениях 2-й группы, планируемых к подземной отработке, разведка запасов до категории В совмещается со вскрытием месторождения.

25. Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки первоочередной отработки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также другие участки, удовлетворяющие этому требованию.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Для месторождений литиевых и цезиевых руд, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел в обобщенном контуре с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд должна быть оценена возможность их селективной выемки при добычных работах.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических

средств разведки особенностям его геологического строения, оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

26. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы по типовым формам, в соответствии с действующим методическим рекомендациям. Геологическая документация выхода рудных тел, горных выработок, керн скважин должно сопровождаться их фотодокументацией. Результаты опробования выносятся в первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, а также правильность определения пространственного положения структурных элементов, качество фотоснимков и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой компетентными комиссиями в установленном порядке. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ. Кроме того, необходимо контролировать соответствие сводных геологических материалов первичной документации. Результаты проверок оформляются актами.

27. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения. Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

28. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих условий:

сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта принятой плотности сети на месторождениях аналогах, а на новых объектах –

экспериментальным путем; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения вкрест простирания рудных тел (рудных зон). В случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур;

для рудных тел без видимых геологических границ - во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами - по разреженной сети выработок; в разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

опробование горных выработок (канав, штреков, рассечек и др.) должно производиться секционно с применением алмазной пилы, бороздой 5x10 см, что неоднократно было доказано экспериментальными работами на многих месторождениях;

природные разновидности руд и минерализованных пород в зальбандах рудных тел должны опробоваться отдельно - секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах - также длиной рейса. Она не должна превышать установленную условиями минимальную мощность рудных тел, а также максимальную мощность внутренних и некондиционных прослоев; при этом интервалы, характеризующиеся разным выходом керна, опробуются отдельно;

при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керн, так и измельченные продукты бурения (шлам и др.), которые отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керна проба, обрабатываются и анализируются отдельно.

В горных выработках, пересекающих рудные тела на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработок; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, - в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышают 1 м. Увеличения шага опробования должно быть подтверждено экспериментальными данными.

В горизонтальных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

Проводятся также работы по изучению возможности выкрашивания рудных или нерудных минералов при принятых для горных выработок способов опробования.

Данные опробование штреков и восстающих, не вскрывающих рудные тела на полную мощность, не могут быть использованы для подсчета запасов.

29. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10-20$ % с учетом изменчивости плотности руды). Точность кернового опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна, бороздового - сопряженными бороздами того же сечения.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Данные по каротажу должны быть подтверждены результатами опробования керна, а по опорным скважинам – с высокими его выходом (более 90%). При выявлении недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом – на месторождениях литиевых и цезиевых руд, как правило, валовым (задирковым) в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке представительности и достоверности опробования рудных месторождений».

Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках.

Для действующих предприятий достоверность принятых способов опробования заверяется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков или участков месторождения данных, полученных раздельно по горным выработкам и буровым скважинам.

30. Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических расхождений с оценкой влияния выявленных расхождений на подсчет запасов.

31. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Качество обработки проб должно систематически контролироваться по всем операциям, в части обоснованности коэффициента **К** и соблюдения

схемы обработки. Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

При обработке проб необходимо регулярно контролировать качество очистки дробильного оборудования.

32. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей.

Изучение в литиевых и цезиевых рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Положением о порядке изучения попутных полезных ископаемых и попутных полезных компонентов на месторождениях твердых полезных ископаемых» (ГКЗ, 2018г).

Содержание в рудах лития, цезия и попутных компонентов определяется высокочувствительными методами ICP MS, ICP OES. Содержание оксидов порообразующих компонентов (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O) определяется химическими анализами.

33. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода изучения месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

34. Для контроля качества отбора, подготовки и анализа проб широкое распространение получил метод, основанный на систематическом включении в каждую партию проб, сдаваемых на анализ в основную лабораторию, контрольных проб: пустой пробы, эталонных проб и дубликатов проб, включающих полевой дубликат (половину или четверть керна, отквартованную часть бороздовой пробы), а также лабораторные дубликаты, отобранные делением после дробления и истирания. В качестве пустой пробы применяется сертифицированная бланковая пустая проба, эталонных проб – сертифицированные стандартные образцы состава (СОС), сходные по составу вмещающим породам и рудной минерализацией месторождения.

Формирование партий проб с выключением контрольных проб, обработка результатов анализов производится в соответствии с «Методическими рекомендациями по обеспечению контроля качества данных в соответствии с международными требованиями при проведении геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые» (Госкомгеологии, 2022).

Использование пустых, дубликатных и эталонных (СОС) проб обеспечивает регулярный и достаточно эффективный контроль за качеством подготовки рядовых проб (возможное заражение) и проведения анализа (выявление систематических и установление величин случайных погрешностей) в течение всего срока изучения месторождения в основном средствами собственной лаборатории.

35. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы. Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, утвержденной в качестве контрольной ведомством, производящим геологоразведочные работы. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. Внешний контроль следует осуществлять с включением в зашифрованном виде стандартные образцы состава (СОС), аналогичные исследуемым пробам.

36. Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов, в том числе ураганные.

37. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду оценки и разведки объекта.

При выделении классов следует учитывать требования кондиций для подсчета запасов. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при небольшом числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

38. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа в лаборатории, выполняющей основные анализы.

39. Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в таблице 5. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

40. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лаборатории проводится дополнительный контроль анализов в независимой сертифицированной лаборатории. На контрольный анализ направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю

подлежат не менее 30 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. Контрольные анализы также выполняется с включением СОС, аналогичных исследуемым пробам.

Таблица 5

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компоненты	Классы содержаний компонентов в руде, %	Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности, %	Компоненты	Классы содержаний компонентов в руде, %*	Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности, %
Li ₂ O	>1	7	Ta ₂ O ₅	0,01-0,02	25
	0,5-1	10		0,005-0,01	30
	0,2-0,5	13		<0,005	30
	0,1-0,2	17	Nb ₂ O ₅	0,1-0,2	16
				0,05-0,1	20
Cs ₂ O	>1	12		0,02-0,05	23
	0,5-1	15		<0,02	30
	0,2-0,5	17	Sn	0,1-0,2	15
				0,05-0,1	20
	0,1-0,2	22		0,025-0,05	25
0,05-0,1	25		<0,025	30	
Rb ₂ O	>1	12	K ₂ O	>5	6.5
	0,5-1	15		1-5	11
	0,2-0,5	17		0,5-1	15
	0,1-0,2	22		<0,5	30
	0,05-0,1	25			
BeO	0,2-0,5	10	Na ₂ O	>25	4.5
	0,1-0,2	12		5-25	6
	0,05-0,1	15		0,5-5	15
	0,02-0,05	20		<0,5	30
	0,01-0,02	22			

Примечание: если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

При подтверждении независимой лабораторией систематических расхождений все пробы данного класса и периода подлежат повторному анализу по уточненной с учетом внешнего контроля методике.

41. По результатам выполненного контроля-опробования отбора, обработки проб и анализов должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

42. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералогическо-петрографических, физических, химических и других видов анализа. При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется литийсодержащим (главным образом, сподумен и петолит) и цезийсодержащим (поллуцит) минералам, определению их количества и химического состава, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и их распределения по крупности классов. Учитывая непостоянство состава минералов лития и цезия, следует уточнить их изменчивость (в основном по содержанию лития и цезия) по рудным телам и месторождению в целом.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

Определение объемной массы необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутрирудных некондиционных прослоев.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и при необходимости контролируется результатами определения ее в целиках.

Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

43. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и отдельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

44. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералогическо-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае

необходимости, продуктов обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

45. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения с использованием крупнопорционной радиометрической сортировки горнорудной массы в транспортных ёмкостях, а для руд с высокой кусковой фракцией (-200+20 мм) возможность их радиометрической сепарации.

46. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд.

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить степень измельчаемости руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах. Полупромышленные испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с геологоразведочной организацией и согласованной с организацией, проектирующей разработку месторождения.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

47. При исследовании обогатимости руды изучают степень её окисления, минеральный состав, структурные и текстурные особенности,

наличие попутных ценных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивают дробимость и измельчаемость, проводят ситовой, дисперсионный и гравитационный анализы. Выбирают технологическую схему обогащения, устанавливают число стадий и стадийную крупность измельчения. Определяют способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

48. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям и определены основные технологические параметры обогащения (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, должна быть оценена на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10 %, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки должны быть сравнены с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках по переработке медных руд.

49. Для попутных полезных компонентов необходимо в соответствии с «Положением о порядке изучения попутных полезных ископаемых и попутных полезных компонентов на месторождениях твердых полезных ископаемых» выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

50. Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

51. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод. По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в ТЭО кондиции, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод.

Необходимо также:

изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;

оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них полезных компонентов, а также возможное влияние дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;

дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;

оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

При использовании в районе месторождения для водоснабжения подземных вод подсчитанные по данным гидрогеологических исследований эксплуатационная их запасы подтверждаются в установленном порядке ГКЗ. Подсчитываются и подтверждаются также эксплуатационные запасы используемых дренажных вод.

52. Инженерно-геологические исследования на месторождениях необходимо проводить в соответствии с утвержденными нормативными документами. Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии, инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы, по прогнозной оценке, устойчивости горных выработок и расчету основных параметров карьера. На разведываемых месторождениях необходимо проводить бурение специальных геотехнических скважин.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

53. Разработка месторождений литиевых и цезиевых руд производится открытым, подземным и комбинированным способами. Выбор способа зависит от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей и обосновывается в ТЭО кондиций.

54. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониозоопасность, повышенная радиоактивность и др.).

55. По районам новых месторождений необходимо иметь данные о наличии местных строительных материалов; указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

56. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Положением о порядке изучения попутных полезных ископаемых и попутных полезных компонентов на месторождениях твердых полезных ископаемых» (ГКЗ при Госкогеологии, 2018 г).

57. С целью информационного обеспечения проекта освоения месторождения в части природоохранных мер должны быть проведены в зависимости от экологической обстановки района месторождения специальные экологические исследования, по результатам которых должны быть установлены: фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод, воздуха, характеристика почвенного покрова, растительности и животного мира); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к разработке объекта на окружающую среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т.д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

58. Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивация земель.

59. Гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых

для составления проекта разработки месторождения.

При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки месторождения, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с заинтересованными организациями.

IV. ТРЕБОВАНИЯ К ПОДСЧЕТУ ЗАПАСОВ

60. Подсчет и квалификация геологических и эксплуатационных запасов месторождений литиевых и цезиевых руд производится в соответствии с требованиями разделов I, III и V «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

61. Геологические запасы подсчитываются по подсчетным блокам. В подсчетных блоках с запасами категории В и С₁ количество руды, как правило, не должно превышать проектную годовую производительность будущего горного предприятия.

Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;

однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;

выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);

общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов руд количество и качество балансовых и забалансовых запасов руд в подсчетном блоке определяется статистически.

62. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений литиевых и цезиевых руд.

Запасы **категории В** при разведке подсчитываются на месторождениях 2-й групп на участках детализации (первоочередной отработки).

Контур запасов категории В проводится по разведочным выработкам в соответствии с требованиями кондиций без экстраполяции, а основные

горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории **В** подсчитываются по данным доразведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, отвечающие по степени изученности требованиям классификации к этой категории.

63. К категории C_1 относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на новых месторождениях участками детализации, на разрабатываемых месторождениях – данными эксплуатации.

Контур запасов категории C_1 , как правило, проводится по разведочным выработкам в соответствии с требованиями кондиций без экстраполяции. В основном экстраполяция применяется при оконтуривании запасов по разведочным линиям для совмещения с ними разведочных выработок и исключения переоконтуривания острых углов.

64. Запасы категории C_2 подсчитываются на основании разряженной по сравнению с запасами категории C_1 сети разведочных выработок (обычно в 2 раза).

Контур запасов категории C_2 проводится по разведочным выработкам в соответствии с требованиями кондиций или путем ограниченной экстраполяции в зависимости от расположения законтурных выработок.

Не допускается экстраполяция в сторону выклинивания и расщепления рудных тел, ухудшения качества руд, к пересечениям с содержанием лития и цезия, и мощности меньше предусмотренных кондициями. Экстраполяция в основном применяется при отсутствии законтурных выработок.

Величина экстраполяции не должна превышать половину расстояния, принятого между выработками для запасов категории C_2 .

Применение экстраполяции при оконтуривании запасов категории C_1 и C_2 , принятая величина экстраполяции должно быть обоснована в каждом конкретном случае с фактическими данными.

65. Геологические запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерным, подземным), промышленным (технологическим) типам руд, их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. Соотношение различных промышленных типов и сортов руд при невозможности их оконтуривания определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) геологические запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если технико-экономическими расчетами в технико-экономическом обосновании разведочных кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, горнотехнических, экологических).

66. Балансовые и забалансовые геологические запасы подсчитываются на сухую руду с указанием ее влажности в естественном залегании. Для влагоёмких, пористых руд производится подсчет запасов сырой руды.

67. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов) должны быть выявлены рудные пересечения с аномально высокими («ураганными») содержаниями лития и цезия и повышенной мощностью, проанализировано их влияние на величину средних параметров подсчетного блока и при необходимости ограничено влияние. Части рудных тел с высокими содержаниями лития и цезия, коэффициентами рудоносности и увеличенной мощностью следует выделить в самостоятельные подсчетные блоки.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения проб по классам содержания лития и цезия по мере сгущения разведочной сети).

68. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

69. При компьютерном подсчете геологических запасов с применением традиционных методов рекомендуется использовать программные комплексы (Excel и др.), обеспечивающие возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, результаты и планы опробования, параметры принятых кондиций, отметки литолого-стратиграфических границ, тектонических контактов и др.), результатов промежуточных расчетов (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с разведочными кондиций; геологические разрезы, проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

70. В современной практике для подсчета запасов месторождений металлические полезные ископаемые используется как правило, в основном блочное моделирование.

Выбор алгоритма блочного моделирования (методы кригинга, обратных расстояний) зависит от геологического строения изучаемого месторождения (участка), плотности разведочной сети наблюдений и других факторов. Эффективность применения для подсчета запасов блочного моделирования в значительности степени обусловлено количеством и качеством исходный разведочной информации, методологии анализа первичных данных и моделирования, отвечающих индивидуальным особенностям месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и изотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида).

Подсчет запасов методом блочного моделирования и традиционными методами по объекту должны выполняться с применением одинаковых кондиций.

Блочная модель должна включать все разведанные запасы месторождения (участка месторождения) с разделением их по типам руд, категориям разведанности, балансовой принадлежности с выделением подсчетных блоков (доменов) с их индексацией.

При построении блочной модели месторождения максимальный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный – определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдения (не рекомендуется принимать размер элементарного блока менее $\frac{1}{4}$ средней плотности сети).

Все массивы цифровых данных (результаты опробования, координаты проб или разведочных пересечений, аналитические выражения структурных функций – вариограмм и др.) должны быть представлены в форматах доступных для экспертизы с применением современных программных комплексов (Micromine, Datamine, Leapfrog и др). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляется в аналитическом и описательном виде. Способ построения и увязки каркасных моделей рудных тел подробно должен быть описан в текстовой части отчета.

В табличных приложениях приводятся сведения об объемах отдельных подсчетных блоков (доменов), принятых для них значениях объемной массы, запасах руды и содержаниях в них лития и цезия, и попутных компонентов, определенных по данным блочного моделирования, и запасах металлов. Приводятся поблочная ведомость и сводная ведомость (таблица) подсчета запасов.

Графические материалы к блочным моделям должны представлять исчерпывающие сведения об условиях построения моделей и геологических особенностях объектов. На опорных геологических (подсчетных) разрезах, планах горизонтов и проекциях необходимо указывать границы блоков

(доменов) с обозначением их индексов и экспликации с характеристиками подсчетных блоков. Эти материалы должны содержать исходные данные опробования по разведочным пересечениям, а также, при необходимости, коды пород разного состава и другую необходимую информацию.

Материалы подсчета запасов методом блочного моделирования оформляются в соответствии с «Методическими указаниями о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ материалов по ТЭО кондиций и подсчету запасов на твердые полезные ископаемые с использованием блочного моделирования» (Госкомгеологии, 2022).

71. Результаты подсчета запасов методом блочного моделирования должны, как правило, сравниваться с результатами подсчета запасов традиционными методами. Сравнение производится по всем участкам месторождения, по крупным месторождениям – по представительным участкам.

Допустимые в практике подсчета запасов расхождения по основным рудным телам, подсчетным блокам и месторождению (участку месторождения) в целом составляют по запасам руды $\pm 15\%$, содержанию лития и цезия $\pm 5\%$, запасам $\pm 20\%$. В случае более высоких расхождений проводится анализ их причин с внесением при необходимости изменений в запасы, подсчитанные традиционными методами или по блочной модели.

72. Эксплуатационные запасы литийсодержащих и цезийсодержащих руд подсчитываются и квалифицируются в зависимости от степени их достоверности по категориям A_1 и A_2 в соответствии с требованиями разделов I и V «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

73. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Положением о порядке изучения попутных полезных ископаемых и попутных полезных компонентов на месторождениях твердых полезных ископаемых».

74. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных ГКЗ запасов и обоснования достоверности подсчитанных запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с утвержденными «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных ГКЗ и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках, списанных как неподтвердившихся), контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе об остатке утвержденных запасов); представлены таблицы движения запасов по категориям, рудным телам

и месторождению (участку месторождения) в целом, а также баланс руды и металла в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ранее запасов, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения и 3D блочной модели.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ранее параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т.д.), запасов и качества руд, потерь и разубоживания при их добыче, а также выяснить причины этих изменений.

Данные эксплуатации должны учитываться при оценке степени изученности рудных тел и отнесении запасов к разным категориям.

По месторождению, на котором утвержденные ГКЗ запасы или качество руд не подтвердились при разработке, сопоставление данных разведки и разработки, а также анализ причин расхождении должны производиться совместно организациями, разведывавшими и разрабатывающими месторождение.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

Результаты сопоставления данных разведки и разработки месторождения должны учитываться при доразведке неосвоенных месторождений, разведке новых месторождений. По новым разведанным (оцененным) месторождениям (участкам месторождений) могут использоваться также результаты сопоставления данных разведки и разработки расположенных в том же рудном районе (рудном поле) разрабатываемых месторождений со сходным геологическим строением.

75. Отчет с подсчетов запасов оформляется в соответствии с «Инструкцией о содержании, оформлении и порядке представления в государственную комиссию по запасам полезных ископаемых материалов по подсчету запасов металлических полезных ископаемых» (Мингео, 2025).

V. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИЗУЧЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (УЧАСТКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

76. По степени изученности месторождения литиевых и цезиевых руд могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела V «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

77. К оцененным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в процессе оценочных работ в степени, позволяющей обосновать целесообразность их дальнейшей разведки.

Оцененные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

обеспечивается возможность квалификации запасов, главным образом по категории C_2 и частично запасов категории C_1 (на участках детализации);

вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого оценены с полнотой, необходимой для выбора принципиальной технологической схемы переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезного ископаемого;

определено возможное промышленное значение попутных полезных ископаемых и компонентов;

гидрогеологические, инженерно-геологические, горнотехнические и другие природные условия изучены с полнотой, позволяющей предварительно охарактеризовать их основные показатели;

определены для будущего предприятия возможные источники энергоснабжения, хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, площади размещения отходов основного производства;

достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждены на отдельных участках детализации с подсчетом по ним запасов по категории C_1 .

рассмотрено и оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду;

принятие для подсчета эксплуатационных запасов величины потерь и разубоживания литиевых и цезиевых руд при добыче обоснованы показателями разработки месторождений – аналогов; эксплуатационные запасы по степени достоверности соответствуют категории A_2 ;

подсчетные параметры разведочных кондиций установлены на основе укрупненных технико-экономических расчетов с учетом показателей по аналогии с месторождениями, находящимися в сходных горно-геологических условиях;

Для детального изучения морфологии выявленного оруденения, вещественного состава руд и совершенствования или, разработки оптимальных технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях может осуществляться опытно-промышленная добыча (ОПД). ОПД проводится в рамках проекта разведочной стадии работ на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды.

Проведение ОПД диктуется обычно необходимостью выявления

особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность. Важное значение имеет также ОПД для нетрадиционных типов месторождений лития и цезия. Необходимость проведения ОПД должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Способы, объем и сроки ОПД обосновываются в проекте разведочных работ и согласовываются при их проведении за счет собственных средств с Центром пользования недрами, рабочий проект ОПД – с Инспекцией по контролю в сфере горнодобывающей промышленности и геологии при Министерстве горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан, при проведении работ по государственной программе развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы – согласовываются только рабочий проект ОПД.

Опытно-промышленная добыча может также осуществляться на разведанных неосвоенных месторождениях.

Результаты ОПД, их использование для разработки ТЭО разведочных кондиций и подсчета запасов месторождения должны быть отражены в геологическом отчете.

78. К разведанным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования их вовлечения в промышленное освоение, а также проектирования строительства или реконструкций на их базе горнодобычного предприятия.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

детальность изученности геологического строения месторождения обеспечивает возможность квалификации геологических запасов, в зависимости от группы его сложности, в количестве от общих разведанных запасов:

месторождения 2-й группы сложности – запасы категорий $B+C_1$ не менее 80% от общих запасов, включая запасы категории C_2 , в том числе запасы категории B (участки детализации) до 15-20 %;

месторождения 3-й группы сложности – запасы категорий C_1 не менее 70 % от запасов C_1+C_2 ;

месторождения 4-й группы сложности – запасы категорий C_1 не менее 40% от запасов C_1+C_2 .

При меньшем соотношении запасов категории $B+C_1$, C_1 и C_2

подготовленность месторождения для промышленного освоения определяется на основании заключения экспертизы. По крупным и уникальным по запасам месторождениям требуемое соотношение запасов категорий В+С₁ и С₂ определяется для участков первоочередной разработки;

вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы его переработки с комплексным извлечением содержащихся в нем компонентов, имеющих промышленное значение;

запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможного направления использования. При наличии потребителя эти запасы должны быть разведаны и подсчитаны в соответствии с требованиями, предусмотренными для соответствующих видов полезных ископаемых. Должна быть также изучена возможность промышленного использования отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья;

гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические и другие условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для проектирования разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;

достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качество и количество запасов должно быть подтверждено на представительных участках детализации месторождения, положение и размер которых определяется в каждом конкретном случае в зависимости от геологических особенностей полезного ископаемого, а также на новых месторождениях – участках опытно-промышленной добычи;

решены вопросы источников энергоснабжения, хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающих потребность будущего предприятия по добыче и переработке минерального сырья; размещения отходов основного производства;

рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных геологических последствий;

в проектных решениях по разработке месторождения с достаточной полнотой учтены горнотехнические, технологические, экономические, конъюнктурные и другие модифицирующие факторы; величины потерь и разубоживания определены расчетным способом;

подсчитанные эксплуатационные запасы по степени достоверности соответствуют категории А₁, частично к категории А₂.

подсчетные параметры разведочных кондиций должны быть

установлены на основании детальных технико-экономических расчетов, позволяющих достоверно определить масштабы и экономическую рентабельность освоения месторождения.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения после утверждения запасов в установленном порядке.

VI. ПЕРЕСЧЕТ И ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЕ ЗАПАСОВ

79. Пересчет и переутверждение геологических и эксплуатационных запасов месторождения производится в установленном порядке в случаях существенных изменений представлений о количестве и качестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ, изменений цены выпускаемой продукции и других причин.

80. На разведанных неосвоенных месторождениях пересчет и переутверждение запасов производится в случае при проведении их доразведки увеличения запасов, установления новых разведочных кондиций.

81. На разрабатываемых месторождениях пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

не подтверждения или утраты в процессе разработки промышленного значения балансовых запасов более чем на 20 %;

существенном (более 20 %) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;

В целях улучшения экономики предприятия при падении цены выпускаемой продукции запасы месторождения (участка) пересчитываются с применением новых технико-экономических обоснованных разведочных кондиций.

82. Пересчет и переутверждение запасов месторождения производится также в случаях:

увеличения балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, по крупным (уникальным) месторождениям более 20 %, по средним и мелким – более 50 %;

существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 20 %) от заложенных в обоснованиях кондиций;

разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику предприятия;

в случаях выявления в рудах или вмещающих породах ценных компонентов, не учтенных при геолого-экономической оценке месторождения и проектировании предприятия.

При существенном увеличении мировой цены на продукцию, разработке и внедрении более эффективной технологии переработки руд запасы пересчитываются на основе новых технико-экономически обоснованных кондиций, обеспечивающих более полное извлечение полезных компонентов из недр без ухудшения экономики предприятия.

83. Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение цен на продукцию), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций в соответствии с «Положением о порядке применения эксплуатационных кондиций для пересчета запасов полезных ископаемых», утвержденных Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан 13 августа 2014 г., № 228. Запасы пересчитываются и утверждаются по отдельным блокам, горизонтам месторождения без пересчета и переутверждения запасов месторождения в целом.

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o}$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z}$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в %) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100;$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100,$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-й, 2-й, 3-й и 4-й групп сложности приведены в таблице.

**Количественные характеристики изменчивости
основных свойств оруденения**

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_c, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.