

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ НИОБИЕВЫХ И ТАНТАЛОВЫХ РУД

I. Общие сведения

II. Группировка месторождений по сложности геологического строения

III. Требования к изученности месторождений

IV. Требования к подсчету геологических запасов

V. Оценка степени изученности месторождений

VI. Пересчет и переутверждение запасов

Приложение. Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых.

Настоящая Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям ниобиевых и танталовых руд (далее - Инструкция) разработана в соответствии с Законом Республики Узбекистан «О недрах» и «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» с учетом отечественной и зарубежной практики геологоразведочных работ по оценке и разведке месторождений ниобиевых и танталовых, подсчету их запасов.

Инструкция определяет основные требования к изученности и подсчету запасов месторождений ниобиевых и танталовых, степени подготовленности их для промышленного освоения.

С выходом настоящей Инструкции утрачивает силу «Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям ниобиевых и танталовых» утвержденная Постановлением Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан № 2 от 31 января 2025 года.

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

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Ниобий и тантал близки, но химическим свойствам и всегда встречаются совместно.

Ниобий - металл серо-стального цвета, плотность 8,57 г/см³, температура плавления 2470 °С; ковкий и чрезвычайно пластичный при нормальной температуре, обладающий исключительной коррозионной стойкостью, самой высокой среди металлов критической температурой

перехода в сверхпроводящее состояние (9,34 К), низким уровнем наведенной радиации и небольшим поперечным сечением захвата тепловых нейтронов (1,1 барн).

Тантал - металл светло-серого цвета с синеватым оттенком, имеющий плотность 16,6 г/см³, обладающий уникальными физическими и химическими свойствами - высокой тугоплавкостью (температура плавления 3014 °С), большой твердостью (1225 МПа по Бриннелю), исключительной кислотоупорностью, способностью вытягиваться в топкие нити, поглощать газы при нагревании. Тантал - единственный из металлов, вживляющийся в тело человека.

Благодаря этим свойствам ниобий и тантал широко применяются в промышленности.

Области применения ниобия определяются его высокой тугоплавкостью и стойкостью к коррозии в высокотемпературных и химических агрессивных средах, способностью образовывать жаропрочные и сверхпроводящие сплавы.

Основной сферой потребления ниобия является производство высокопрочных низколегированных сталей, в котором используется стандартный феррониобий (50-65% Nb). Ниобий также широко используется для производства жаропрочных никель - ниобиевых и других сплавов, специальных сталей в оптике и электронике. Карбид ниобия применяется в изготовлении режущих инструментов.

Тантал потребляется преимущественно в виде металла (порошок, слитки, прокат и пр.). Чистый тантал пластичен и легко обрабатывается давлением, обладает высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах и прочностью, легирующими свойствами и высокой эмиссионной способностью.

Наиболее значительная область применения тантала – производство танталовых конденсаторов, используемых в ЭВМ, мобильных телефонах, автомобильной и оборонной промышленности. Традиционными сферами использования тантала являются также электровакуумная техника, производство жаропрочных сверхтвердых сплавов (главный компонент-карбидтантала) для изготовления металлорежущих инструментов; химическое машиностроение (для плакирования оборудования по производству серной кислоты, аммиака и другой продукции), легирование сплавов и сталей. Металлический тантал и суперсплавы на его основе применяются в авиакосмической промышленности при изготовлении ответственных деталей реактивных двигателей и ракет. Танталат лития (LiTaO₃) в виде монокристаллов используется в опто - и акустоэлектронике, ювелирной промышленности. Кроме того, в значительной степени металлический тантал используется в медицине - в хирургии, травматологии и кардиологии. (электростимуляторы сердечной деятельности).

2. Среднее содержание в земной коре ниобия $1,7-2 \times 10^{-3} \%$, тантала $1,5- 2,5 \times 10^{-4}\%$.

Ниобием преимущественно обогащены щелочные породы (в среднем 122 г/т), танталом- щелочные (10,7 г/т), в меньшей степени кислые (1,5 - 3,5 г/т.)

Между ниобием и танталом имеет место практически неограниченный изоморфизм. При высоких температурах проявляется ограниченный изоморфизм ниобия и тантала с Sn^{4+} , W^{6+} , Fe^{3+} (в касситерите, вольфрамите), а у ниобия также с цирконием. Петрогенным аналогом ниобия и тантала является титан.

Важным фактором геохимического поведения ниобия и особенно тантала и возникновения их промышленных концентраций является способность к образованию прочных и устойчивых при высоких температурах комплексных соединений. Для тантала наиболее характерны фторидные и гидрооксидные комплексы, для ниобия - углекислые и отчасти фосфатные.

В природе известно более 150 минералов ниобия и тантала. Подавляющая их часть представлена сложными оксидами. Реже встречаются силикаты. Имеются единичные находки боратов, фосфатов, а также природного тантала (в россыпях), карбида тантала (танталкарбид) и нентоксида тантала (тантит).

Важнейшие промышленные минералы ниобия и тантала приведены в табл. 1.

Помимо собственно ниобий-танталовых минералов, эти элементы иногда присутствуют в концентрациях, достаточных для их практического использования в различных минералах-носителях: касситерите (до 4% Ta_2O_5), ильмените (до 3,0-3,5% Nb_2O_5 и 0,05-0,08% Ta_2O_5), рутиле (до 5-6% Nb_2O_5 и 0,05% Ta_2O_5), сфене (до 0,4 Nb_2O_5 и 0,03% Ta_2O_5), магнетите (0,05% и более Nb_2O_5) и др.

3. По ниобий – танталовому отношению месторождения ниобия и тантала подразделяются на три группы: собственно, танталовые ($\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{Ta}_2\text{O}_5 < 4$, тантало - ниобиевые ($\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{Ta}_2\text{O}_5 = 5-20$) и собственно ниобиевые ($\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{Ta}_2\text{O}_5 > 20$).

Характерной особенностью большинства месторождений ниобия и тантала является комплексность руд, в составе которых в количествах, обеспечивающих рентабельность извлечения, присутствуют многие попутные компоненты: Zr, Hf, TR, Y, Sc, Be, Li, Rb, Cs, Sn, U, Th, Ti, Al, P, флюорит, криолит, полевой шпат и др.

По содержанию ниобия и тантала (в %) месторождения подразделяются на уникальные ($\text{Nb}_2\text{O}_5 > 2$; $\text{Ta}_2\text{O}_5 > 0,06$), богатые (Nb_2O_5 1-2; Ta_2O_5 0,025-0,06), рядовые (Nb_2O_5 - 0,3-1,0, Ta_2O_5 - 0,015-0,025) и бедные ($\text{Nb}_2\text{O}_5 < 0,3$; $\text{Ta}_2\text{O}_5 < 0,015$).

Таблица 1

Важнейшие промышленные ниобия и тантала

Минерал	Структурно-химическая формула минерала	Содержание оксидов редких металлов, %	Элементы-примеси	Плотность, г/см ³
Пирохлор	$(\text{Na}, \text{Ca})_{2-x}\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})$	Nb_2O_5 52-71; Ta_2O_5 до 7,0	U, Th, TR	3,8 - 1,7
Гатчеттолит	$(\text{Ca}, \text{U}, \text{TR})_{2-x}\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH})_{1-x} \times 2\text{H}_2\text{O}$	Nb_2O_5 до 35; Ta_2O_5 до 18; UO_3 до 30;	Th, TR	4,4-4,9
Мариньякит	$(\text{TR}, \text{Na}, \text{Ca})_{2-x}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6x(\text{OH}, \text{F})$	Nb_2O_5 50; Ta_2O_5 до 5,0 TR _{ce} -15-18	Pb, U	4,13-4,15
Микролит	$(\text{Ca}, \text{Na})_2\text{Ta}_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$	Ta_2O_5 55-80; Nb_2O_5 0,9-10;	U	5,9-6,4
Лопарит	$(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_3$	Nb_2O_5 8,0-12,8; Ta_2O_5 0,6-0,8; $\sum \text{Ce}_2\text{O}_3$ 30,0-33,5	Ti, TR, Sr	4,6-4,9
Воджинит	$(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Mn}, \text{Sn}, \text{Fe})_2\text{O}_4$	Ta_2O_5 65-75; Nb_2O_5 0,1-15	Sn	7,19-7,36
Колумбит	$(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}_1\text{Ta})_2\text{O}_6$	Nb_2O_5 59-76, Ta_2O_5 1-20	-	5,3
Танталит	$(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$	Ta_2O_5 63-86; Nb_2O_5 0,2-20	-	8,3
Тапиолит	$\text{Fe}(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$	Ta_2O_5 62-85; Nb_2O_5 9-22	-	6,4-7,9
Стрюверит	$(\text{Ti}, \text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_2$	Ta_2O_5 6-38; Nb_2O_5 до 20	-	4,2-5,5

В комплексных тантало - ниобиевых месторождениях содержания тантала и ниобия суммируются путем перевода ниобия в условный тантал, реже (при $Nb/Ta > 20$) тантала в условный ниобий с использованием соответствующих переводных коэффициентов.

4. Среди месторождений ниобия и тантала выделяются 8 основных геолого-промышленных типов: карбонатитовый, «стратифицированных» агпаитовых нефелиновых сиенитов, щелочных редкометальных гранитов, гранит подобных полевошпатовых метасоматитов, редкометальных литий фтористых гранитов, пегматитовый, кор выветривания и россыпей (табл. 2.)

Карбонатиты содержат наиболее крупные и богатые месторождения ниобия в земной коре.

Выделяются два формационных типа карбонатитов: связанные с комплексом ультраосновных щелочных пород (с натриевой специализацией) и связанные с крупными линейными зонами развития щелочных метасоматитов (фенитов) и иногда сопряженных с ними массивами нефелиновых сиенитов (москитов).

Наиболее значительными по масштабам и роли в промышленности являются месторождения в карбонатах ультраосновных-щелочных комплексов.

Карбонатиты сложены кальцитовыми, доломитовыми, доломито-кальцитовыми, анкеритовыми, сидеритовыми и другими разностями. Тантало-ниобиевая минерализация представлена пирохлором, гатчеттолитом. В анкеритовых карбонатных основную роль играют колумбитизированный пирохлор, колумбит.

Карбонаты, связанные с линейными зонами щелочных метасоматитов, нефелиновыми и щелочными сиенитами, имеют преимущественно кальцитовый, реже доломитовый состав. Они часто сопровождаются интенсивным развитием альбитизации силикатных пород с образованием ниобий-танталсодержащих эгиринов альбитов. Руды пирохлоровые, гатчеттолит-колумбит-фергусонитовые.

Таблица 2

Промышленные типы месторождений ниобиевых и танталовых руд

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Главные рудные минералы	Средн. содержание основных компонентов в руде, %	Наиболее характерные попутные компоненты	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6
I. Карбонатиты, связанные: с комплексами ультраосновных и щелочных пород с линейными зонами развития щелочных метасоматитов	Линейно-вытянутые и дугообразной формы зоны, жилы и трубообразные тела Протяженные жильные зоны и жилы	Пирохлор, гатчеттолит, колумбитизированный пирохлор, колумбит Пирохлор, церий-фергюсонит	0,05-1,5 Nb₂O₅ 0,01-0,03 Ta₂O₅ (карбонатиты с гатчеттолитом) 0,1-0,3 Nb₂O₅	P, Fe, TR_{Ce}, Zr, Ba, U Zr, TR_{Ce}, U, P	Сент-Оноре, Ока (Канада), Араша (Бразилия), Белозиминское (В. Саяны), Томторское (Якутия) Татарское (Енисейский край), Новополтавское (Украина), Дельбек, Тутек (Ю. Кыргызстан)
II. Стратифицированные агпайтовые нефелиновые сиениты	Пологозалегающие весьма выдержанные по простиранию и мощности слои	Лопарит	0,2-0,4 Nb ₂ O ₅ 0,01-0,033 Ta ₂ O ₅	Ti, Zr, Th, P, TR _{Ce}	Ловозерское (Кольский п-ов)
III. Щелочные редкометальные гранитоиды	Штоки, интрузивные купола, линзовидные зоны	Пирохлор, колумбит	0,1-0,8 Nb ₂ O ₅ 0,01-0,05 Ta ₂ O ₅	Zr, TR, Sn, Y, Be, U, криолит	Топ-Лейк Стрейндж-Лейк (Канада), Улуг-Танзекское (В. Тува)

1	2	3	4	5	6
IV. Гранитоподобные полевошпатовые метасоматиты	Субсогласные пласты и линзы	Пироклор, колумбит, фергюсонит	0,1-0,4 Nb_2O_5 0,01-0,03 Ta_2O_5	Zr, TR, Y, криолит, флюорит	Катучинское (Забайкалье), Тайкеу (Полярный Урал)
V. Редкометалльные литий-фтористые граниты	Пологие линзообразные залежи в апикальных частях интрузивных тел	Пироклор-микролит, колумбит-танталит, стрюверит	0,01-0,04 Ta_2O_5 0,01-0,03 Nb_2O_5	Li (Sn, W, Be, Rb, Cs), флюорит	Орловское Этыкинское (Забайкалье, Вознесенское (Приморье))
VI. Пегматиты сподумент-микроклин-альбитовые, петалит-микроклин-альбитовые, микроклиновые, микроклин-альбитовые и альбитовые	Полого и крутопадающие плитообразные, линзо- и четковидные жилы, жильные системы	Танталит, воджинит, микролит, колумбит-танталит, берилл	0,01-0,25 Nb_2O_5 0,015-0,025 Ta_2O_5 0,03-0,08 BeO	Sn, Li, Nb, Be, Cs, Rb. Слюда, полевой шпат, кварц	Берник-Лейк (Канада), Уоджина (Австралия), Бикита (Зимбабве), Гольцое (В.Саян), Бакенное (Казахстан)
VII. Коры выветривания на щелочных гранитах, пегматитах и карбонатитах	Горизонтальные покровы площадной коры и линейной коры выветривания, приуроченные к тектоническим зонам	Колумбит, пироклор, танталит	0,15-5,0 Nb_2O_5 0,007-0,035 Ta_2O_5	Sn, Zr, Zr	Питинга, Назарену (Бразилия,) Алту-Лигонья (Мозамбик), Адуйское (Урал)
VIII. Россыпи ближнего сноса	Линзообразно-пластообразные залежи	Колумбит, танталит, пироклор, микролит	0,1-1,5 Nb_2O_5 0,01-0,3 Ta_2O_5	Касситерит, циркон, моноцит, ксенотим	Гринбушес (Австралия), Питинга (Бразилия), Каменское, Зун-Кинкельда (Забайкалье), Асу-Булак (Казахстан)

Стратифицированные агпаитовые нефелиновые сиениты представлены расслоенными многофазными массивами центрального типа, сложенными ритмично чередующимися пологозалегающими горизонтами-слоями различных по составу щелочных пород (уртиты, ювиты, фойяиты, луявриты, малиньиты).

Основной рудный минерал – лопарит, который концентрируется в нижних частях ритмов уртитов и малиньитов. Наряду с ниобием и танталом из руд получают редкоземельные металлы цериевой группы и титан.

Щелочные редкометальные граниты с ниобий танталовой минерализацией представлены трещинными интрузивами небольших размеров. Состав гранитов преимущественно рибекит арфведсонит-микроклин-альбитовый. На участках интенсивного развития альбитизации появляется эгирин. Породы характеризуются высокими концентрациями фторидов (флюорит, криолит), лития (полилитионит), циркония (циркон, малакон), тория (торит, ферроторит), редких земель цериевой и иттриевой групп.

Ниобий-танталовое оруденение представлено мелкой вкрапленностью пирохлора, колумбита, в меньшей мере фергусонита. Наряду с вкрапленным оруденением широко развиты также кварц-полевошпатовые прожилки, содержащие тантало-ниобиевую, циркониевую и редкоземельную минерализацию. Промышленные концентрации ниобия и тантала отмечаются также в рибекит-эгирин-биотитовых метасоматитах, развитых по экзоконтактовым роговикам вмещающих пород.

Гранитоподобные полевошпатовые метасоматиты по составу и минералого-геохимическим особенностям во многом сходны с редкометальными криолит-литионитовыми щелочными гранитами, однако они характеризуются специфической геологической обстановкой нахождения и не обнаруживают пространственной и генетической связи с какими-либо конкретными интрузивными комплексами.

Месторождения этого типа локализуются в зонах региональных разломов длительного развития и связаны с верхнепротерозойской активизацией архейских или нижнепротерозойских толщ, реже с герцинской активизацией докембрийского фундамента. Протяженность таких региональных зон активизации может достигать 50-200 км при ширине до 10 км. Иногда к таким зонам приурочены пояса даек гранитов, аплит-пегматитов, диоритовых порфириров и диабазов.

Метасоматиты развиваются преимущественно по алюмосиликатным породам субстрата с образованием однородных существенно полевошпатовых или кварц-полевошпатовых пород, состав которых близок к щелочным гранитам и сиенитам (с биотитом, рибекит-арфведсонитом, эгирином). Метасоматиты обогащены фторидами (флюорит, флюоцерит, криолит, гагаринит и др.) Типичны также высокие концентрации ниобия, тантала (пирохлор, колумбит, фергусонит), циркония, редких земель. Отмечаются также повышенные содержания лития, тория, урана, молибдена, иногда олова.

Редкометальные литий-фтористые граниты имеют преимущественно молодой возраст и связаны с поздними заключительными фазами магматических комплексов гранитного ряда. Представляют собой чаще всего небольшие (площадью от 0,5 до 1,0-1,5 км²) трещинные интрузивы и штоки своеобразных мелко-среднезернистых, часто амазонитовых гранитов, обогащенных альбитом, топазом, литиевыми слюдами (циннвальдит, лепидолит), флюоритом, касситеритом, иногда бериллом, танталитом, вольфрамитом, (мусковит-топаз-альбитовые граниты). Оруденение вкрапленное, прожилково-вкрапленное, обычно локализуется в апикальных частях интрузий (апогранитах). Основными рудными минералами являются колумбит-танталит, пироксено-микролит, стрюверит.

Пегматитовый тип месторождений является ведущим в мировой сырьевой базе тантала.

Среди редкометальных пегматитов выделяются различные минеральные типы: микроклиновые с бериллом и колумбитом; микроклин-альбитовые с минералами тантала и бериллом; сподумен-микроклин-альбитовые с лепидолитом, петалитом, воджинитом, поллуцитом, бериллом, колумбит-танталитом, танталосодержащим касситеритом и сподуменом (или без него); альбит-сподуменовые с бериллом, колумбитом, иногда фергуссонитом и касситеритом; альбит-лепидолитовые с танталитом. Основная масса добычи тантала приходится на сподумен (петалит)-микроклин-альбитовые пегматиты.

Рудные пегматитовые тела представлены обособленными жилами, линзо- и плитообразными залежами или жильными сериями, свитами, системами. Иногда пегматиты образуют штокообразные, трубчатые тела. Залегают они как в гранитных интрузивах, экзоконтактах с вмещающими породами, так и на значительном удалении, вне четкой связи с интрузивами.

Одним из ведущих источников ниобия и тантала являются экзогенные месторождения (коры выветривания и россыпи).

Месторождения кор выветривания, продуктивные на ниобий и тантал, представлены площадными покровами и протяженными мощными залежами линейного типа на карбонатитах, пегматитах, полевошпат-редкометальных метасоматитах. Глубина распространения линейных кор выветривания, приуроченных к тектоническим зонам, нередко достигает 100 м. Площадные коры выветривания возникают также на редкометальных гранитах.

Наиболее крупные и богатые месторождения ниобия (колумбит, пироксено-микролит) связаны с остаточными корами выветривания на карбонатитах. Они содержат также высокие концентрации апатита, монацита. Коры выветривания на редкометальных пегматитах обогащены колумбит-танталитом, редкометальных гранитах-танталит-колумбитом и касситеритом, щелочных гранитах и метасоматитах-пироксеном, колумбитом, цирконом.

Россыпи с промышленными концентрациями ниобия и тантала представлены различными генетическими типами: склоновыми, аллювиальными, озерными, прибрежно-морскими (лагунными). Прибрежно-

морские россыпи образуются за счет перемыва затопленных морем аллювиальных россыпей.

Среди россыпей основную роль играют россыпи ближнего сноса, поскольку минералы ниобия и тантала весьма хрупкие и легко истираются. Наиболее характерными в россыпях являются колумбит, танталит, микролит, прохлор, в меньшей мере гатчеттолит, эвксенит, фергуссонит. В ассоциации с ниобием-танталовыми минералами, в зависимости от состава коренного источника, возможно накопление редкоземельных минералов (ксенотима, монацита, бастнезита) а также циркона и касситерита.

Известные в Узбекистане ниобий-танталовые проявления относятся в основном к трем рудно-формационным типам: редкометальные пегматиты, литий-бериллий-фтористые граниты (апограниты), редкометальные альбититы. (табл.3).

Наибольшее распространение имеют редкометальные пегматиты, представленные различными минеральными типами.

В Восточном Узбекистане развиты амазонит-альбит-протолитионито-цинвальдитовые пегматиты с бериллом, танталит-колумбитом, связанные с литий-фтористыми гранитами нижнепермского Баркракского интрузива (Пскемский хребет). Пегматиты образуют пологозалегающие, реже кругопадающие тела в интрузиве, а также во вмещающих известняках.

Для Западного Узбекистана характерно проявление альбитовых, микроклин-альбитовых, альбит-микроклин-протолитионитовых, альбит-микроклин-сподумен-лепидолитовых пегматитов с бериллом, касситеритом, иногда с поллуцитом. Ниобий-танталовое оруденение представлено преимущественно мелкой вкрапленностью танталит-колумбита. Пегматиты связаны с наиболее поздними производными гранитоидов верхнего карбона-нижней перми, размещаясь в виде различных по морфологии жильных тел в интрузивных массивах, их экзоконтактах или в сланцевых, известняковых толщах и других породах без видимой связи с «материнскими» интрузиями. Поля редкометальных пегматитов с ниобий-танталовой минерализацией установлены в Туркестанском хребте (Наука), в Северном и Южном Нуратау (Гатча, Битаб, Актау), Зирабулак-Зиаэтдинских горах (Кукчи, Кетменчи, Тым), горах Кульджуктау (Актосты), Южный Букантау (Алтынтау), Султанувайс (Кызылсай), Южный Каратюбе (Сулатсай, Кочкорбулак, Аррабанд, Уйшун, Баянкара, Мангит), Гиссаре (Турткуйлюк).

Типичным представителем ниобий-танталоносных литий-бериллий-фтористых гранитов является Баркракский интрузив, в котором апогранитные альбит-цинвальдит-топаз-флюоритовые метасоматиты с танталит-колумбитом пространственно ассоциируют с амазонитовыми редкометальными пегматитами. Метасоматиты развиты в апикальной и эндоконтактовых участках интрузива, образуя пологие тела мощностью до 50 м и протяженностью до 0,5-1,0 км.

Таблица 3

Промышленные и потенциально-промышленные типы месторождений ниобия, тантала и редкоземельных руд

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный тип руд)	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный* (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Редкоземельно-иттрий-ванадий-уран-ниобиевый в экзоконтактах гранитных массивов с породами черносланцевой формации	Линзовидные, столбообразные, жильно-штокверковые в магнезиально-известковых скарнах, скарноидах, эпидозитах, кварцитах	Монтрозеит-корвусит-ксенотим-монацитовый с U, Mo, Nb	V ₂ O ₅ 0,12-1,0 REE 0,006-0,15 U 0,03-0,12 Y ₂ O ₃ 0,06-0,08 Mo 0,03-0,08	Ni, Zn, Cu	Химико-металлургический иттрий-Редкоземельно-ванадиевый (флотационно-гидрометаллургический)	Устук, Фазильман, Гатча (урановая) (Узбекистан)
Цериевоземельно-ниобий-танталовый в дифференцированных массивах агпаитовых нефелиновых сиенитов	Пластообразные полого залегающие залежи в урритах ювитах, малиньитах	Лопаритовый	Nb ₂ O ₅ 0,20-0,40 Ta ₂ O ₅ 0,018-0,027 TR ₂ O ₃ 0,9-1,4	Ti, Sr, Th	Химический редкометалльно-тантал-ниобиевый (сортировочный, гравитационно-влотационно-гидрометаллургический)	Ловозерское (Россия)
Ниобиевый в массивах ультраосновных щелочных пород и карбонатитов	Линзовидный, жильный, штоко-, трубообразный в карбонатитах	Пироклоровый	Nb ₂ O ₅ 0,2-0,8	P, TR, Ta, U, Zr	Металлургический ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Белозиминское (Россия), Сент-Оноре (Канада)

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный тип руд)	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный* (технологический) тип руд	Примеры месторождений
	Линзообразный в микроклинитах	-//-	Nb ₂ O ₅ 0,3-1,2	P, микроклин	Металлургический ниобиевый (сортировочный, гравитационно-магнитно-флотационно-гидрометаллургический)	Большетагнинское (Россия)
Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный тип руд)	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Цериевоземельный в бастнезитовых карбонатитах	Штоко-, трубо, и жилообразный в карбонатитах	Бастнезитовый	REE 0,9-9,0	Fe, U, Th, барит, флюорит	Химический флюорит- барит-стронций-Редкоземельный (сортировочный, фавитационно-магнитно-флотационно-гидрометаллургический)	Карасутское (Россия), Маунтин-Пасс (США)
Ниобий-танталовый в метасоматитах по гранитоидам щелочного ряда	Штоко- и линзообразный в кварц-альбит-микроклиновых и	Циркон- пироклор-колумбитовый	Nb ₂ O ₅ 0,12-0,40 Ta ₂ O ₅ 0,014-0,040	REE, Li, Th, U, Hf, Rb, криолит	Металлургический цирконий- ниобий-танталовый (фавитационно-	Улуг-Танзекское, Зашихинское (Россия), Сартакчи,

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный тип руд)	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный* (технологический) тип руд	Примеры месторождений
	альбитовых метасоматитах по гранитоидам		ZrO ₂ 0,3-0,7		флотационно-гидрометаллургический)	Чаркасар (Узбекистан)
Редкоземельно-ниобий-танталовый в щелочных метасоматитах	Линзо- и пластообразный в метасоматитах по метаморфическим породам	Циркон-тантал-Пиро-хлоровый в фторидами редких земель	Nb ₂ O ₅ 0,20-0,40 Ta ₂ O ₅ 0,012-0,025 ZrO ₂ 1,5-1,6 REE 0,2-0,4	Y, U, Th, Hf, Zn, Pb, криолит	Металлургический ниобий-танталовый с цирконием и редкими землями (гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Катугинское (Россия)
Танталовый в литий-фтористых фанитах	Куполовидный в апикальных частях массивов амазонитовых гранитов	Микролит-танталит-колумбитовый	Ta ₂ O ₅ 0,010-0,018 WO ₃ 0,1-1,0	Nb, Li, Sn, Rb, Be, Zn, флюорит, амазонит,	Химико-металлургический танталовый (фавитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Орловское, Этыкинское (Россия) Баркрак, Саргардон (Узбекистан)
Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный тип руд)	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Литий- танталовый в сподуменовых гранитах	Куполовидные тела в апикальных частях массивов	Сподумен-танталитовый	Ta ₂ O ₅ 0,010-0,016 Li ₂ O	Nb, Rb, Cs	Химико-металлургический литий-танталовый с	Алахинское (Россия)

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный тип руд)	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный* (технологический) тип руд	Примеры месторождений
	сподуменовых гранитов		0,6-1,0 Nb ₂ O ₅ 0,015-0,035		ниобием (гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Турткуйлюк (Узбекистан)
Ниобиево- танталовый в пегматитах (с Li, Cs, Be)	Плитообразный и жильный в гранитах, вмещающих амфиболитах, гнейсах, сланцах	Сподумен- берилл-танталитовый, поллуцит-Сподумен-танталитовый, лепидолит-микролитовый	Ta ₂ O ₅ 0,01-0,03 Cs ₂ O 0,1-0,8 BeO 0,02-0,07 Nb ₂ O ₅ 0,05-0,035	Sn, Rb, Nb, Ga	Химико-металлургический бериллий-литий-цезий-танталовый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Завитинское (Россия), Берник-Лейк (Канада), Гринбушес (Австралия), Гатча, Мангит, Сулатсай, Наука, Алтынтау (Узбекистан)
Ниобиевый и редкоземельно-ниобиевый в корях выветривания карбонатитов в массивах ультраосновных щелочных пород	Пласто- и линзообразные тела в корях выветривания карбонатитов в массивов ультраосновных щелочных пород	Апатит-пироклор-колумбитовый	Nb ₂ O ₅ 0,4-1,0 P ₂ O ₅ 10-16	REE, Ta, Fe	Металлургический ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Белозиминское (Россия)
		Sr-, Ba-пироклоровый	Nb ₂ O ₅ 1,0-3,0	REE, Fe, P, Mn		Чуктуконское (Россия), Араша (Бразилия)
Ниобиевый в корях выветривания карбонатитов и щелочных	Лентообразные тела в корях выветривания по линейным карбонатитам и	Пироклоровый, колумбит-пироклоровый	Nb ₂ O ₅ 0,4-0,8	P, Fe, вемикулит	Металлургический ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-	Татарское (Россия)

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный тип руд)	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный* (технологический) тип руд	Примеры месторождений
метасоматитов зон региональных разломов	щелочным метасоматитам				гидрометаллургический)	
Танталовый в корях выветривания пегматитов (с Sn, Be)	Пласто-и линзообразные в корях выветривания редкометалльных пегматитов	Берилл-колумбит-танталитовый	Ta ₂ O ₅ 0,004-0,03	Sn, Be, Nb	Химико-металлургический бериллий-танталовый (гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Липовый Лог (Россия), Назарену (Бразилия) Гринбушес (Австралия)
Скандий-редкоземельно-ниобиевый в переотложенных корях выветривания карбонатитов	Пластообразный в переотложенных корях выветривания карбонатитов	Монацит-Sr- Ba-,Pb- пироксеновый	Nb ₂ O ₅ 4-8 TR ₂ O ₃ 6-12 Y ₂ O ₃ 0,5-0,65 Sc ₂ O ₃ 0,05	P ₂ O ₅	Химико-металлургический редкоземельно-ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Томторское (Россия)

– в названии промышленного (технологического) типа отражено хозяйственное (промышленное) назначение конечных продуктов, важнейшая технологическая особенность руд и основные способы переработки.

Альбититы с ниобий-танталовой минерализацией связаны, как и редкометальные пегматиты, апограниты, с поздними нижнепермскими гранитами. Для альбититов характерна уран-торий-редкоземельно-ниобиевая специализация (поликраз, эвксенит, циртолит). Альбититы с повышенными концентрациями ниобия установлены в Арашанском интрузиве (Келенчек), а также в Актауском (Южный Нуратау). Жильные тела альбититов имеют мощность от 1-2 до 5-7 м, в раздувах до 50 м при протяженности до нескольких сот метров. Известны также проявления ниобий-танталовой минерализации (фергусонит-колумбит) связанные с ураносодержащими кварц-флюорит-слюдистыми грейзенами в лейкократовых гранитах Кураминского хр. (Чаркасар).

5. Технологические свойства руд ниобиевых и танталовых месторождений зависят от их минерального состава, текстурно-структурных особенностей, содержаний Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , комплексности. Важное значение имеет также величина отношения Nb/Ta, определяющая выбор метода вскрытия концентратов и их химико-металлургического передела. Все руды редкометальных месторождений подвергаются обогащению. Весьма эффективно предварительное обогащение (покусковая сепарация и крупнопорционная сортировка) радиометрическими и другими методами, позволяющее выделить в голове процесса значительную часть пустых пород и снизить эксплуатационные расходы на последующих обогатительных операциях. Ниобиевые руды обогащаются гравитационным, флотационным или комбинированным методами с получением концентратов, состоящих на 85-90% из рудного минерала. Содержание ниобия в концентратах зависит от состава рудных минералов: колумбитовый концентрат до 70% Nb_2O_5 , пироклоровый - 56% Nb_2O_5 , Химический состав пироклорового концентрата по ОСТ-48-37-72 должен соответствовать нормам, указанным в табл.4.

Таблица 4

Наименование показателя	Норма
Сумма Nb_2O_5 и Ta_2O_5 в %, не менее	38,0
Влага %, не более	1,0
Содержание примесей на 1 % суммы Nb_2O_5 и Ta_2O_5 в % не более:	
SiO ₂	0,32
TiO ₂	0,32
P	0,0025
S	0,003

Для танталовых руд простого состава применяется механическое обогащение гравитационным методом, для комплексных руд сложного минерального состава при обогащении (с учетом извлечения попутных компонентов) используются сложные комбинированные схемы, сочетающие гравитацию, флотацию и различные методы сепарации (магнитную, электромагнитную, полиградиентную, радиометрическую). С помощью гравитационных методов получают танталовые концентрата, флотация же

применяется также наряду с полиградиентной сепарацией и обжигом для доводки черновых танталовых концентратов.

К танталовым концентратам, согласно ТУ-48-4-233-72, предъявляются требования, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

Марка	Содержание, %	
	тантала не менее	кремнезема не более
ТАК-1	40	не нормируется
ТАК-2	26	7
ТАК-3	17	7
ТАК-4	5	10

Размер зерен должен быть не более 1 мм, содержание влаги в концентрате не более 1 %.

Обычно рудные концентраты перерабатываются на химические соединения трех типов: оксиды (Nb_2O_5 и Ta_2O_5), фтористые комплексные соли (K_2NbF_7 и K_2TaF_7) и хлориды.

Продуктом, непосредственно получаемым из пирохлорового и колумбитового концентратов, является феррониобий, используемый для введения ниобия в стали. Методом алюминотерапии возможно получение алюмо-ниобиевых лигатур (в дальнейшем перерабатываемых на феррониобий) из некондиционных по Nb_2O_5 пирохлоровых концентратов.

II. ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

6. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения оксидов ниобия и тантала месторождения ниобиевых и танталовых руд соответствуют 1, 2-й, 3-й и 4-й группам сложности «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

К **1-й группе** относятся месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными весьма выдержанными пластообразными лопаритоносными «горизонтами» большой протяженности с равномерным распределением оруденения, (расслоенные интрузивы).

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения, представленные крупными линейно-вытянутыми или дугообразной формы рудными зонами карбонатитового типа или плитообразными жилами пегматитового типа большой протяженности (1-2 км), значительной мощности, сложной морфологии или с неравномерным распределением полезных компонентов.

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного

геологического строения, представленные средними по размерам жилами и жильными системами пегматитового типа или линзо-, жило- и трубообразными залежами с непостоянной мощностью и неравномерным распределением оксидов ниобия, тантала.

К 4-й группе относятся месторождения (участки) ниобий- танталовых руд весьма сложного геологического строения с рудными телами, представленными мелкими по размерам жилами и жильными системами или жило-, линзо- и трубообразными залежами с невыдержанной мощностью и весьма неравномерным распределением оксидов тантала и ниобия.

Месторождения ниобиевых и танталовых руд 4-й группы Классификации самостоятельного промышленного значения, как правило, не имеют и пригодны лишь для попутной отработки действующими предприятиями.

7. 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 (участка) к той или иной группы могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруднения (приложения 1).

III. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗУЧЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

8. Для наиболее эффективного изучения месторождений необходимо соблюдать установленную стадийность геологоразведочных работ и строго выполнять требования к их полноте и качеству, осуществлять рациональное комплексирование методов и технических средств разведки, 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.

9. На всех вновь выявленных месторождениях до перехода к разведке проводятся оценочные работы в объемах, необходимых для обоснования их промышленного значения. Разведка производится по месторождениям, промышленное значение которых обосновано технико-экономическими расчетами.

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 основных компонентов (Nb_2O_5 , Ta_2O_5), 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.

10. Разведка производится только на месторождениях, получивших положительную промышленную оценку по данным детальной оценки и намеченных к промышленному освоению в ближайшие годы.

11. По изученному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях ниобия и тантала обычно составляются в масштабах 1:1000-1:5000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел или 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 1:1000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены приложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

12. По району месторождения необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25000-1:50000 с соответствующими разрезами, отвечающие требованиям инструкций к картам этого масштаба, а также другие графические материалы (карта шлихового опробования, геохимическая), обосновывающие комплексную оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых района. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы ниобия, тантала и других полезных ископаемых. Геологическая карта и карта полезных ископаемых могут быть совмещены.

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.

13. Геологическое строение рудного поля и месторождения должно быть в достаточной степени изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1000- 1:10000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, наличии горизонтальной и вертикальной зональности в распределении оруденения, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и разрывными нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования

подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории Р₁.

14. Выходы и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками 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 коры выветривания (характер изменений рудных минералов в условиях гипергенеза), радиоактивность руд, особенности изменения вещественного состава и технологических свойств руд, содержаний основных компонентов и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам руд.

15. Оценка месторождения на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения горными выработками) с использованием геофизических методов исследований-наземных, в скважинах и горных выработках.

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. Разведку месторождений, расположенных в сфере деятельности предприятия по добыче полезных ископаемых, целесообразно совмещать со вскрытием и подготовкой месторождения к разработке по проектам, согласованным с горнодобывающими предприятиями.

16. Для обеспечения достоверности оконтуривания рудных тел подсчета запасов основным способом оценки и разведки месторождений является колонковое бурение. Бескерновое бурение (шарошечное, пневмоударное с обратной циркуляцией и др.), используются преимущественно при проведении поисковых и оценочных работ для выделения зон медной минерализации, участков с повышенными концентрациями меди с последующей их заверкой бурением колонковых скважин. Колонковые скважины проходятся диаметром не менее 76мм (NQ).

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 содержаний ниобиевых и танталовых руд и 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.

Для повышения достоверности бурения и количественной оценки запасов необходимо применять отбор ориентированного керна, 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 и прежде всего гамма-каротаж (ГК), эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной свыше 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 стволов скважин. 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.

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 - подземных скважин. Бурение, по руде целесообразно производить одним диаметром.

17. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд для подсчета (в сочетании со скважинами) запасов категории В на пегматитовых месторождениях 2-й группы и категории С₁ на месторождениях 3-й и 4-й групп, а также для оценки достоверности скважинного опробования, геофизических исследований и отбора технологических проб.

Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должна быть изучена в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам пересечением ортами, квершлагами, подземными горизонтальными скважинами.

Горные выработки следует проходить на участках и горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

18. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел. Приведенные в табл. 6 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений ниобиевых и танталовых руд, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

19. Участки и горизонты месторождения, намеченные к первоочередной отработке, должны быть разведаны наиболее детально. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 1-й и 2-й групп должны быть разведаны преимущественно по категориям В, а на месторождениях 3-й и 4-й групп - по категории С₁ В тех случаях, когда участки первоочередной отработки не характерны для всего месторождения по особенностям его геологического строения, качеству руд и горно- геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.

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.

20. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы по типовым формам. Результаты опробования выносятся на 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, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться 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.

21. 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.

22. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения.

На месторождениях ниобиевых, танталовых руд при соответствующем обосновании целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования.

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности.

23. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; 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 при 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 кондициями 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; природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться раздельно - 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;

Таблица 6

Сведения о плотности разведочных выработок,
применявшихся при разведке месторождений ниобиевых и танталовых руд

Группа место- рож- дения	Характеристика рудных тел	Виды выра- боток	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (м) для категорий запасов					
			В		С ₁		С ₂	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-я	Весьма выдержанные лопаритоносные «пласты» большой протяженности с равномерным распределением <u>оруденения</u>	Сква- жины	250	100	500	200	1000	400
2-я	Крупные линейно -вытянутые или дугообразной формы рудные зоны карбонатитового типа, метасоматические залежи типа гранитоподобных полевошпатовых метасоматитов большой протяженности (1-3 км), значительной мощности, сложной морфологии или с неравномерным распределением Nb ₂ O ₅ , Ta ₂ O ₅	Сква- жины	50-100	50-100	100-200	100-200	200-300	100-200

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Плитообразные жилы пегматитового типа большой протяженности, значительной мощности, сложной морфологии или с неравномерным распределением Ta ₂ O ₅ , Nb ₂ O ₅ .	Штольни, штреки Орты, расщелины. Восстающие, скважины	- 40-60 80-120 100	40-60 - - 50	- 40-60 80-120 100-200	- - - 50-100	- - - 100-200	- - - 50-100
3-я	Средние по размерам жилы и жильные системы пегматитового типа с непостоянной мощностью и неравномерным распределением Ta ₂ O ₅ , Nb ₂ O ₅ .	Штольни, штреки Орты, расщелины, восстающие, скважины	- - - -	- - - -	- 20-40 60-80 50	20-30 - - 25-50	- - - 50-100	- - - 25-50
4-я	Мелкие по размерам жилы и жильные системы или жило-, линзо- и трубообразные залежи ниобий-танталовых руд с невыдержанной мощностью и весьма неравномерным распределением Ta ₂ O ₅ , Nb ₂ O ₅ .	Штреки Орты Восстающие Скважины	- - - -	- - - -	- 20 - 25	20-30 - Не менее одного пересечения по каждому телу 12,5-25	20 25-50	 12,5-25

при этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керна проба, обрабатываются и анализируются отдельно.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, - в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышают 1-2 м (увеличение шага опробования должно быть подтверждено экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

24. 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, 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 руд).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернавого опробования - отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

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

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости и для введения поправочных коэффициентов.

25. 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 должно систематически контролироваться по всем операциям, в части обоснованности коэффициента К и соблюдения схемы

обработки.

Обработка контрольных крупно объемных проб производится по специально составленным программам.

26. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержание их в руде определяется анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными стандартами.

Изучение в ниобиевых и танталовых 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.).

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на основные компоненты. Попутные полезные компоненты, содержание которых не учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности, и вредные примеси, определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование, основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

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

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 исключением 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».

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.

28. 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.

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.

29. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду 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 3-5 % от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

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

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл.7. 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.

31. 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.

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

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

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

Особое внимание должно быть уделено минералам, содержащим полезные компоненты, определению их количества и химического состава, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и соотношений, различных по крупности классов- для радиоактивных руд должна быть изучена корреляционная зависимость между содержаниями радиоактивных и редких металлов (главным образом тантала): Учитывая непостоянство состава рудных минералов, необходимо изучать их изменчивость, особенно по содержаниям основных компонентов.

Таблица 7

**Предельно допустимые относительные среднеквадратические
погрешности анализов по классам содержаний**

Компо- ненты	Классы содержаний компонентов в руде, %	Предельно допустимые относительные среднеквад. погр., %	Компо- ненты	Классы содержаний компонентов в руде, %	Предельно допустимые относительные среднеквад. погр., %
Nb ₂ O ₅	1-10	9	Li ₂ O	0,2-0,5	13
	0,5-1	11		0,1-0,2	17
	0,2-0,5	13		0,05-0,1	22
	0,1-0,2	16		0,01-0,05	30
	0,05-0,1	20			
	0,02-0,05	23	Rb ₂ O, Cs ₂ O	0,2-0,5	17
	<0,02	30		0,1-0,2	22
				0,05-0,1	25
				0,01-0,05	30
Ta ₂ O ₅	0,1-0,5	12	P ₂ O ₅	20-30	2
	0,05-0,1	17		10-20	3,5
	0,02-0,05	22		5-10	4
	0,01-0,02	25	ZrO ₂	>3	3,5
	0,005-0,01	30		1-3	6,0
	<0,005	30		0,1-1	15
				<0,1	30
ΣTr ₂ O ₃ **	<10	4,5	SrO	10-40	6
	1-10	7,0		2-10	7,5
	0,5-1	10		0,5-2	16
	0,2-0,5	13		0,1-0,5	23
	0,1-0,2	20	U	0,03-0,1	6,5
	0,05-0,1	25		0,01-0,03	8,0
	0,005-0,05	30		<0,01	15
	<0,005	30			
BeO	0,5-1	7,0	Th	0,03-0,1	8,5
	0,2-0,5	10		0,01-0,03	10
	0,1-0,2	12		<0,01	20
	0,05-0,1	15			
	0,02-0,05	20			
Sn	0,2-0,5	10			
	0,1-0,2	15			
	0,05-0,1	20			
	0,025-0,05	25			
	<0,025	30			

*Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений, обеспечивающий расчет теоретически возможного извлечения и подсчет запасов полезных компонентов в извлекаемой форме.

34. 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 раздельной переработки.

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

35. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералоготехнологических, малых технологических, лабораторных, укрупненнолабораторных и полупромышленных пробах. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их переработки должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

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

На 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. Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей переработки руд, полученных на лабораторных пробах.

37. Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с геологоразведочной организацией и согласованной с проектной организацией отраслевого ведомства. Отбор проб производится по специальному проекту.

38. 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.

39. 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 кондициями показателям, определены основные технологические параметры обогащения (выход концентратов и их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.). Качество продуктов переработки должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для некондиционных концентратов должны быть проведены исследования по химико-металлургической переработке их с получением продуктов, непосредственно используемых промышленностью или таких, дальнейшая переработка которых возможна обычными методами.

Для попутных компонентов в соответствии с «Положением о порядке изучения попутных полезных ископаемых и попутных полезных компонентов на месторождениях твердых полезных ископаемых» (ГКЗ, 2018г.) необходимо выяснить формы нахождения и составить товарный баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность предварительного обогащения (сортировки) руд, использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

40. 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 контролируется результатами определения ее в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых руд и руд кор выветривания, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного γ -излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется естественная влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогический и проанализированы на основные компоненты.

41. 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 уровня подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритoki в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-

экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо 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, оценить возможность использования этих вод для водоснабжения, извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы. Следует дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду.

42. Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих их 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 (особенно для карбонатов), 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.

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

43. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газа по площади и с глубиной.

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

45. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, 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 горно-технических условиях разработки, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с организациями.

46. Должна быть дана оценка возможных источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающих потребность будущих предприятий по добыче полезных ископаемых и переработке минерального сырья; для районов с дефицитом водных ресурсов запасы

подземных вод должны быть подсчитаны и утверждены в ГКЗ при Мингеологии Республики Узбекистан.

47. По районам новых месторождений необходимо иметь данные о наличии местных строительных материалов; должны быть указаны площади с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород; даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель. Для решения вопросов, связанных с рекультивацией, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

48. 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 «Положением о порядке изучения попутных полезных ископаемых и попутных полезных компонентов на месторождениях твердых полезных ископаемых» (ГКЗ, 2018г.).

IV. ТРЕБОВАНИЯ К ПОДСЧЕТУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ

49. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений ниобиевых и танталовых руд производится в соответствии с «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

50. Геологические запасы подсчитываются по подсчетным блокам. В подсчетных блоках с запасами категории C_1 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 (крылья, замковая часть складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

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.

51. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику названных месторождений.

Запасы **категории В** подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп.

Контур запасов категории В проводится по разведочным выработкам в соответствии с требованиями кондиции 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 эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации запасов к этой категории.

52. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок, а полученная при этом информация подтверждена на разрабатываемых месторождениях данными эксплуатации, а на новых-результатами, полученными на участках детализации.

Контур запасов категории С₁, 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 между ними острых углов.

53. Запасы **категории С₂** подсчитываются путем экстраполяции по простиранию и падению от контура разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию; по самостоятельным рудным телам, исходя из совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах в соответствии с принятой плотностью разведочной сети а также с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений.

При определении контуров подсчета запасов категории С₂ следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы и мощности, состава руд и содержаний редких металлов.

54. Запасы подсчитываются отдельно по выделенным промышленным (технологическим) типам руд; при невозможности оконтуривания количественные соотношения различных промышленных (технологических) типов и сортов определяются статистически.

55. Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО 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, экологических, гидрогеологических или горнотехнических).

56. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

57. 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.

58. При подсчете запасов на разрабатываемых месторождениях необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации, по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими указаниями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры утвержденных ГКЗ и погашенных запасов (в том числе добытых), площадей прироста, а также сведения о запасах, числящихся на Государственном балансе (в том числе, об остатке запасов, утвержденных ГКЗ), представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды и металлов в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ запасов при доразведке, 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.

При анализе результатов сопоставления необходимо оценить достоверность данных эксплуатации и установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т.д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений. По месторождению, на котором утвержденные ГКЗ запасы или качество руд не подтвердились при разработке, сопоставление данных разведки и разработки, а также анализ причин расхождения должны производиться совместно организациями, разведывавшими и разрабатывающими месторождение.

Результаты сопоставления данных разведки и разработки месторождения должны учитываться при 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.

В случае установления значительных расхождений вводится с учетом величины расхождений поправочный коэффициент в ранее утвержденные подсчетные параметры и запасы с пересчетом оставшихся разведанных запасов.

59. В современной практике подсчет запасов осуществляется, как правило в основном геостатистическим методом по блочной модели с применением горно-геологических информационных систем 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.

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» (Министерство горнодобывающей промышленности и геологии, 2025).

60. Подсчет запасов по блочной модели должен проверяться (не менее 20% от общих запасов) путем сравнения с результатами традиционных способов подсчета запасов. Допустимые расхождения составляют по запасам руды $\pm 15\%$, содержанию ниобия и тантала $\pm 5\%$, запасам ниобия и тантала $\pm 20\%$.

61. Эксплуатационные запасы ниобиевых и танталовых руд с квалификацией их по категориям A_1 и A_2 подсчитывается в соответствии с разделами I и V Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.

62. 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» (ГКЗ, 2018г.).

63. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Инструкцией о содержании, оформлении и порядке представления в государственную комиссию по запасам полезных ископаемых материалов по подсчету запасов металлических ископаемых» (Министерство горнодобывающей промышленности и геологии, 2025).

V. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИЗУЧЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

По степени изученности месторождениям (и их участкам) ниобий и танталовых руд могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных

в соответствии с требованиями раздела VI «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

64. 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:

1) обеспечивается возможность квалификации запасов, главным образом по категории С₂ и частично запасов категории С₁ (на участках детализации);

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

3) определено возможное промышленное значение попутных полезных ископаемых и компонентов;

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

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

6) достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждены на отдельных участках детализации с подсчетом по ним запасов по категории С₁;

7) рассмотрены и оценены возможные влияния отработки месторождения на окружающую среду;

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

9) для подсчета эксплуатационных запасов потери и разубоживание руд при добыче приняты по показателям разработки месторождений – аналогов, запасы квалифицированы по категории А₂;

10) расчетные технико-экономические показатели промышленного освоения месторождения позволяют определить его перспективность и целесообразность вовлечения в разведку.

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 ниобиевых и танталловых месторождений. 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.

65. К разведанным относятся месторождения (и их участки), 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 проектирование строительства или реконструкций на их базе горнодобычного предприятия.

Разведанные месторождения (участки) по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

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

месторождения 1-й группы сложности – запасы категорий C_1+V не менее 90% от общих запасов, включая запасы категории C_2 , в том числе запасы категории V до 25-30%;

месторождения 2-й группы сложности – запасы категорий C_1+V не менее 80% от общих запасов, включая запасы категории C_2 , в том числе запасы категории V 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.

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

3) запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможного направления использования с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ.

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;

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

5) достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качество и количество запасов подтверждено на представительных участках всего месторождения, положение и размер которых определяется в каждом конкретном случае в зависимости от геологических особенностей полезного ископаемого;

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

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

8) подсчетные параметры разведочных кондиций установлены на основании детальных технико-экономических расчетов, позволяющих достоверно определить масштабы и экономическую рентабельность освоения месторождения;

9) для подсчета эксплуатационных запасов потери и разубоживание руды при добыче обоснованы расчетами, запасы классифицируются по категориям A_1 и A_2 .

10) разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения после утверждения запасов Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых Республики Узбекистан.

VI. ПЕРЕСЧЕТ И ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЕ ЗАПАСОВ

66. Пересчет и переутверждение геологических запасов 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, цены выпускаемой продукции и других причин.

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

неподтверждения разработки или утраты в процессе промышленной ценности балансовых запасов более 20%;

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

В случае неподтверждения ранее разведанных и утвержденных геологических запасов необходимо провести детальное сопоставление данных разведки и разработки месторождения (участка) и произвести пересчет оставшихся запасов с учетом выявленных неподтверждений без изменения принятых для подсчета запасов разведочных кондиций.

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

67. Пересчет и переутверждение геологических 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 50%) от заложенных в обоснованиях кондиций;

разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику предприятия.

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

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, 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 Кабинетом Министров Республики Узбекистан 13 августа 2014 г. №228.

Запасы пересчитываются по отдельным участкам (горизонтам) месторождения без пересчета и переутверждения запасов месторождения в целом.

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотности разведочной сети месторождений твердых полезных ископаемых зависят в основном от нескольких природных факторов: структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии), а также распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел используются следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложность границ объектов (q), коэффициент вариации мощности (Y_m) и содержания полезного компонента (V_c) в рудных пересечениях.

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

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

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

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

$$V_c = \frac{S_c}{C_{cp}} * 100,$$

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} .

Коэффициенты вариации мощностей рудных пересечений и содержания полезного компонента могут определяться с помощью компьютерных

программных комплексов (Micromine и др.) путем построения соответствующих гистограмм их распределения в рудных телах.

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

Таблица 1

**Количественные характеристики изменчивости
основных свойств оруденения**

Группа сложности месторождений по геологическому строению	Показатели изменчивости			
	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 геологической сложности принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость.