

Охрана окружающей среды и природопользование. Недра

**ПРАВИЛА ПРИМЕНЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ  
К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ УРАНОВЫХ РУД**

Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Нетры

**ПРАВИЛЫ ПРЫМЯНЕННЯ КЛАСІФІКАЦЫІ ЗАПАСАЎ  
ДА РАДОВІШЧАЎ УРАНАВЫХ РУД**

Издание официальное



Минприроды

Минск

**Ключевые слова:** месторождения урановых руд; геология, поиски, оценка и разведка; классификация месторождений; вещественный состав и технологические свойства урановых руд; запасы урановых руд; подготовленность к разработке; метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ).

---

### Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации»

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению техническим нормированием и стандартизацией в области охраны окружающей среды и природопользования установлены Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды»

1 РАЗРАБОТАН Республиканским унитарным предприятием «Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт» Филиал «БЕЛГЕО»

ВНЕСЕН Департаментом по геологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 декабря 2012 года № 21-Т

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

---

Издан на русском языке

## Содержание

1 Область применения .....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины и определения, принятые сокращения.....	2
4 Общие сведения.....	2
5 Группировка месторождений урановых руд по сложности геологического строения .....	8
6 Требования к изучению геологического строения месторождений и вещественного состава урановых руд.....	9
7 Требования к изучению технологических свойств урановых руд.....	20
8 Требования к изучению гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических условий месторождений .....	22
9 Требования к подсчету запасов урановых руд.....	26
10 Подготовленность разведанных месторождений урановых руд к разработке....	30
11 Приложения.....	34
12 Библиография .....	37



**ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ**

---

**Охрана окружающей среды и природопользование. Недр  
ПРАВИЛА ПРИМЕНЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ  
К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ УРАНОВЫХ РУД****Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Нетры  
ПРАВІЛЫ ПРЫМЯНЕННЯ КЛАСІФІКАЦЫІ ЗАПАСАЎ  
ДА РАДОВІШЧАЎ УРАНАВЫХ РУД**

Environmental protection and nature use. Subsoil  
Classification regulation rules for the reserves of the uranium ores

---

Дата введения 2013-04-01

**1 Область применения**

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает правила применения классификации запасов к месторождениям урановых руд.

Требования настоящего технического кодекса обязательны для исполнения недропользователями, осуществляющими поиски, разведку и разработку месторождений урановых руд на территории Республики Беларусь.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 1.1.-2004 (04100) Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Правила разработки технических кодексов установившейся практики.

ТКП 1.5 – 2004 (04100) Правила построения, изложения, оформления и содержания технических кодексов установившейся практики и государственных стандартов.

ТКП 17.04-01-2007 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Недр. Правила ведения государственного кадастра полезных ископаемых и методическое руководство по составлению паспортов месторождений и проявлений полезных ископаемых.

Примечание – При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяются в части, не затрагивающей эту ссылку.



### 3 Термины и определения, обозначения и сокращения

В настоящем техническом кодексе применяются термины и определения, установленные в [1]- [6], а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 категории запасов полезных ископаемых:** Подразделение запасов полезных ископаемых по степени их разведанности: А и В – детально разведанные, С<sub>1</sub> – предварительно разведанные, С<sub>2</sub> – оцененные. Прогнозные ресурсы по степени их обоснованности подразделяются на категории Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub> и Р<sub>3</sub>.

**3.2 классификация месторождений полезных ископаемых:** Группировка месторождений полезных ископаемых для целей разведки по сложности геологического строения, степени их изученности и экономическому значению.

**3.3 опробование разведочных горных выработок:** Процесс отбора проб для изучения качественного и количественного состава полезного ископаемого и вмещающих пород, а также их инженерно-геологических свойств.

**3.4 плотность сети разведочных горных выработок:** Расстояния между разведочными горными выработками, принятые при разведке месторождения.

#### 3.5 Обозначения и сокращения

ГГК-П – гамма-гамма-каротаж плотностной

ГГК-С - гамма-гамма-каротаж селективный

ГИС – геофизические исследования в скважинах

ГК – гамма-каротаж

ГРР – геологоразведочные работы

КНД-М – каротаж нейтронов деления мгновенных

КС – каротаж стандартный, измерение кажущегося сопротивления пород в скважинах

МАГАТЭ – международное агентство по атомной энергии при ООН

Минприроды – Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

НТД – научно-техническая документация

ОПР – опытно-промышленная разработка

ОС – окружающая среда

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ПС – поляризация самопроизвольная

РЦАК – Республиканский центр аналитического контроля Минприроды

СОП – стандартный образец руды (породы) предприятия

СПВ – скважинное подземное выщелачивание

СОС – стандартный образец состава руды (породы)

ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент

УЭР – удельное радоновыделение (эманация)

ТЭО – технико-экономическое обоснование

ТЭС – технико-экономическая справка (соображение)

TR – редкие земли

### 4 Общие сведения

**4.1 Уран** – 92-й элемент периодической системы Менделеева. Металл светло-серого цвета, легко поддается обработке, сравнительно мягкий, на воздухе темнеет, покрываясь пленкой оксида. Кларк урана –  $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ , атомная масса  $A=238,029$ . Существует в трех кристаллических модификациях, обладает самопроизвольным  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – излучением. Плотность  $18,7-19,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, твердость по Бринелю 200-220 кгс/мм<sup>2</sup>. Слабый парамагнетик (удельная магнитная восприимчивость  $1,72 \cdot 10^{-6}$ ),

температура плавления 1135<sup>0</sup>С. Радиоактивен, в порошке пирофорен, в растворах токсичен.

Уран – элемент, относящийся к III группе периодической системы Менделеева, химически весьма активный, легко реагирует со всеми неметаллами, образует ряд интерметаллических соединений, быстро окисляется на воздухе, разлагает воду при 102<sup>0</sup>С, имеет много общих черт с элементами IV группы (Mo, W, Cr): поливалентен, в четырехвалентном состоянии амфотерен и склонен к изоморфизму с Ca, Ti, Th и TR; в шестивалентном состоянии в нейтральных и кислых растворах образует уранил-ион (UO<sub>2</sub>)<sup>+2</sup>. Большинство соединений четырехвалентного урана нерастворимы в воде, а большинство солей уранила – сульфаты, нитраты, карбонаты – хорошо растворимы. Различная растворимость урана в состоянии разной валентности определяет условия его миграции и является главным фактором образования его концентраций в природе.

**4.2** Природный уран состоит из смеси трех изотопов: <sup>238</sup>U (99,282%), <sup>235</sup>U (0,712%), <sup>234</sup>U (0,006%). Радиоактивность изотопов различная, но, в основном, определяется по преобладающему изотопу <sup>238</sup>U и составляет 4,51\*10<sup>9</sup>. Два первых из известных изотопов образуют два ряда распада: уран-радиевый и актино-урановый. Конечными продуктами распада являются устойчивые изотопы свинца и гелий. Из промежуточных продуктов практическое значение имеют радий <sup>226</sup>Ra и радон <sup>222</sup>Rn. Единицы растворимости урана приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Важнейшие урановые минералы**

Минералы	Химический состав (формула)	Содержание урана, %	Примеси	Растворимость
Уранинит	(U,Th)O <sub>2x</sub>	62-85	Pb, Th, Ca	Плохо в серной и азотной кислотах
Настуран	UO <sub>2x</sub>	52-76	Pb, Ca, Si	Легко в горячих соляной и серной кислотах
Урановые черни	UO <sub>2x</sub>	11-53	--	Полностью или частично в соляной кислоте
Браннерит	(U,Th)Ti <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	35-50 (до4)	Th, TR	Растворяется в горячей азотной кислоте
Коффинит	U(SiO <sub>4</sub> ) <sub>1-x</sub> (OH) <sub>4x</sub>	60-70	Pb, C	С трудом в кислотах
Давидит	(Fe,Ce,U)(Ti,Fe,V,Cr) <sub>3</sub> (O,O H) <sub>7</sub>	1-7	Fe, Ti, Cz, TR	
Нингиоит	CaU(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	20-30	Ca, P	
Карнотит	K <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (VO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	52-66	K, V	Полностью в разбавленных кислотах
Торбернит	Cu(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	48	Cu, P	Показатель растворимости будет установлен после проведения работ по подземному выщелачиванию урановых руд
Отенит	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·10H <sub>2</sub> O	48-54	Ca, P	
Уранофан	Ca[UO <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> OH)] <sub>2</sub> ·5H <sub>2</sub> O	55-58	Ca, Si	
Цейнерит	Cu(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	55	Cu, As	
Тюямунит	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (VO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	57-65	Ca, V	
Казалит	Pb[(UO <sub>2</sub> )(SiO <sub>4</sub> )]·H <sub>2</sub> O	42-50	Pb, Si	

**4.3** Радий – щелочноземельный металл, гомолог бария, является в ряду распада основным гамма-излучателем. Чистый уран испускает только слабопроникающие альфа-лучи. Период полураспада радия 1590 лет. Радиоактивное равновесие между ураном и радием наступает через 8\*10<sup>5</sup> лет и наблюдается в древних, хорошо сохранившихся породах и минералах. При радиоактивном равновесии одному грамму урана соответствует 3,4\*10<sup>-7</sup> грамма радия. Интенсивность гамма-излучения в равновесном



ряду пропорциональна содержанию урана, что позволяет осуществлять экспресс-анализ урановых руд, а также их сортировку и радиометрическое обогащение. Состояние равновесия системы принято выражать коэффициентом радиоактивного равновесия:

$$K_{pp} = \frac{2,94 \cdot 10^8 \cdot C_{Ra}}{C_U} \quad (1)$$

где,  $C_{Ra}$  и  $C_U$  – содержание радия и урана в %.

Необходимость изучения состояния радиоактивного равновесия составляет одну из особенностей разведки и оценки урановых месторождений.

**4.4** Радон представляет собой инертный газ, хорошо растворимый в воде. Период полураспада радона очень мал – 3,8 суток. Поэтому его высокая миграционная способность обычно не приводит к изменению соотношения между гамма-активными продуктами и ураном. Однако при бурении разведочных скважин в обводненных ураноносных породах может происходить отжатие буровым раствором пластовых вод с растворенным радоном из околоскважинного пространства, за счет чего интенсивность измеряемого каротажем гамма-излучения окажется ниже соответствующей содержанию урана. Необходимость изучения и учета этого явления составляет еще одну особенность разведки и оценки некоторых типов месторождений урановых руд. Радон, попадая из рудничной атмосферы в легкие человека и распадаясь там на твердые долгоживущие продукты, является одним из главных факторов радиационной опасности на уранодобывающих предприятиях. Способность урановых руд к выделению радона (эманированию) требует специального изучения и оценки УЭР.

**4.5** Минералогия урана исключительно разнообразна. Согласно [7] известно около 300 урановых и урансодержащих минералов, однако основную массу промышленных урановых руд слагают следующие важнейшие минералы (таблица 1)

В некоторых типах месторождений основным носителем урана является ураноносный фтор-апатит, в котором уран изоморфно замещает кальций.

**4.6** Уран является сырьем для изготовления ядерного топлива с целью производства электрической и тепловой энергии, опреснения морской воды, получения вторичного ядерного горючего, других искусственно приготавливаемых делящихся веществ и изотопов, трития, восстановителей для металлургической промышленности, новых видов химической продукции, в электротехнике, медицине и научных исследованиях. Ядерные реакторы находят применение как транспортные силовые установки. Соли урана иногда используются в стекольной и керамической промышленности (краситель) и в фотографии.

Энергетический эквивалент природного урана для современного типа атомных реакторов в пересчете на условное топливо составляет  $3 \cdot 10^4$  т.у.т. Соответственно, масса урана, необходимая для производства одного и того же количества энергии, меньше массы нефти в 20 тысяч раз, а угля – более чем в 40 тыс. раз. На большинстве современных АЭС уран используется в виде ТВЭЛ.

Широко используется уран в военной промышленности в соответствии с [8].

**4.7** По характеру урановой минерализации руды разделяются на следующие основные типы:

- настурановые и уранинитовые;
- коффинит-настуран-черниевые;
- браннеритовые и настуран-браннеритовые;
- руды со сложными урансодержащими, торийсодержащими и редкоземельными минералами;
- настуран-апатитовые;
- уранослюдковые.

**4.8** Геологические условия, в которых формируются месторождения урановых руд, многообразны. Количество геолого-промышленных типов этих месторождений и их роль как сырьевой базы изменяются в течение достаточно коротких промежутков времени.

В последние десятилетия получают промышленное значение геолого-промышленные типы, не игравшие ранее существенной роли в производстве урана. Это обусловлено достижениями в разработке новых способов добычи, переработки и использования минерального сырья. Промышленные типы месторождений урановых руд приведены в таблице 2 в соответствии с [8].

**Таблица 2 – Промышленные типы месторождений урановых руд**

Промышленные типы месторождений	Морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание U в руде %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) Тип руд	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6	7
Эндогенный в областях тектономагматической активизации докембрийских щитов	Плито-, столбо- и линзообразные залежи в гнейсах, мигматитах и гранитах	Урановый. Коффинит-настуран-браннеритовый, уранинит-браннеритовый	0,1		Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Мичуринское, Ватутинское и Северинское (все Украина)
	Пласто- и линзообразные залежи в железомagneзиальных сланцах и железистых кварцитах	Урановый. Гематит-магнетит-настуран-уранинитовый	0,2	Fe до 50%	Энергетический железо-урановый (сортировочный, гидрометаллургический, пиро-гидрометаллургический)	Желтореченское Первомайское (Украина)
	Штокверки и линзы в гранитоидах, мигматитах и пегматитах	Урановый и торий-урановый. Браннерит-уранинитовый, коффинит-браннеритовый, настуран-браннеритовый	0,04-0,07	Au, Ag, Mo	Энергетический урановый с золотом и серебром (сортировочный, флотационно-гидро-пирометаллургический)	Южное и Лозоватское (Украина) Россинг (Намибия)
	Плито-, жилы- и линзообразные залежи в кристаллических сланцах, мигматитах и гранитах	Золото-урановый. Браннеритовый	0,15	Au	Энергетический урановый с золотом (сортировочный, гидрометаллургический)	Дружное, Курунг, Снежное (Эльконкский рудный район)

## Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Эндогенный в зонах структурно-стратиграфических несогласий	Линейные залежи и жилы в кристаллических сланцах, гнейсах фундамента и песчаниках осадочного чехла	Урановый, никель-урановый. Арсенидно-сульфидно-коффинит-настурановый	0,3-12	Au, Ni, Cu, Ag	Энергетический урановый золото-никельсодержащий (гидрометаллургический)	Сигар-Лейк и Роки-Лейк (Канада) Джабилука, Набарлек (Австралия)
Эндогенный в структурах тектонической активизации складчатых областей	Столбо-, линзо- и жилообразные залежи в песчаниках, углеродистых сланцах, диабазах, гранитах и известняках	Урановый, коффинит-фторапатит-браннерит-настурановый	0,12	TR	Энергетический урановый (сортировочный, гравитационно-гидрометаллургический)	Грачевское, Косачинское и Восток (все Казахстан)
Эндогенный в структурах тектонической активизации складчатых областей	Столбо-, линзо- и жилообразные залежи в песчаниках, углеродистых сланцах, диабазах, гранитах и известняках	Урановый фосфор-урановый, молибден-урановый аршиновит-молибденит-браннерит-настурановый, апатит-уранинитовый	0,08-0,1	Mo, Au, Zr, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 25-30%	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Маньбайское Заозерное (Казахстан)
	Пласто- и линзообразные залежи в углисто-кремнистых сланцах	Урановый. Настуран-коффинитовый, урановые черни-настурановый	0,05	V	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Шмирхау, Ройст и Беервальде (Германия)
	Жильные и линзообразные залежи в амфиболитах, углеродисто-кремнистых сланцах	Урановый. Сульфидно-арсенидно-настурановый с самородным серебром, карбонат-коффинит-настурановый	0,4	Ag до 200 г/т Bi, Ni, Co, Sn, Zn, Pb, W, Mo	Энергетический урановый с серебром (сортировочный, гидрометаллургический)	Шлема-Альберода (Германия), Пршибрам (Чехия)

## Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Эндогенный в вулканических структурах складчатых областей	Штокверки, линзо- и пластообразные залежи в вулканитах, гранитоидах, туфопесчаниках, мраморах	Молибден-урановый, настуранный, настуранный, нордизит-настуранный, сульфидно-настуранный	0,12-0,5	Mo, Pb, Bi, Zn	Энергетический, металлургический молибден-урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Стрельцовское, Тулукуевское, Аргунское, Бота-Бурум (Россия), Кызылсай (Киргизия)
Экзогенный в морских глинах платформенного чехла	Пласты и линзы в серых и черных глинах с костным детритом	Редкометалльный о-урановый. Редкометалльный о-ураноносный костный фосфат	0,05	Sc, Y, TR, Re	Энергетический урановый (сортировочный, гравитационно-гидрометаллургический)	Степное, Меловое (Казахстан)
Экзогенный в водопроницаемых толщах платформенного чехла	Ленто- и линзообразные залежи, роллы в сероцветных песчаниках и гравелитах	Урановый коффинитовый, урановые черни-настуранный	0,1-0,2	Se, V, Mo, Re	Энергетический урановый (скважинное подземное выщелачивание-гидрометаллургический)	Учкудук и Сургалы (Узбекистан), Буденновское (Казахстан)
	Ленто- и линзообразные залежи в углисто-глинистых сероцветных песчаниках, песках и гравелитах	Урановый. Урановые черни-коффинит-настуранный	0,02-0,1		Энергетический урановый (скважинное подземное выщелачивание-гидрометаллургический)	Долматовское, Хохловское, Хиягдинское, Имское, Довладовское (Украина)
	Лентообразные залежи в бурых углях, углистых песчаниках и сланцах	Урановый. Молибденит-коффинит-урановые черни-настуранный	0,03-0,1	Mo, Se, Re	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический, пирогидрометаллургический)	Нижне-Илимское, Кольджатское (Казахстан)
	Линзо-, пласто- и лентообразные залежи и роллы в красноцветных и пестроцветных песчаниках, глинистых сланцах	Битум-урановый и ванадий-урановый. Урановые черни-коффинит-настуранный	До 0,4	V	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Майлисайское (Кыргызстан) Адамовское (Украина) Амброзия-Лейк (США)

4.9 Разнообразие геологических типов урановых месторождений затрудняет их классификацию, в связи с чем МАГАТЭ принято классифицировать урановые

месторождения, присваивая типам условные названия в соответствии с некоторыми признаками включаемых в них месторождений (таблица 3). Такие признаки, хотя и оказываются разнородными, а классификация не в полной мере отвечает принципу системности, она, однако, отличается простотой и краткостью наименований выделяемых типов, что весьма удобно в практических целях. Согласно этой классификации осуществляется поставка уранового сырья на мировой рынок.

Таблица 3 – Типы месторождений уранового сырья (классификация МАГАТЭ)

Наименование типа	Страны, в которых этот тип является ведущим	Годовая добыча (2002 г.)	
		Тыс. т	%
«Песчаниковый»	Казахстан, Узбекистан, США, Нигерия	9,8	27,2
«Несогласия»	Канада, Австралия	15,4	42,7
Жильно-штокверковый	Россия, Китай	3,8	10,6
Метасоматический «альбититовый»	Украина	1,3	3,6
«Гранитный»	Намибия	2,0	5,6
U - конгломераты	ЮАР	0,8	2,2
«Брекчиевый»	Австралия	2,4	6,7
Другие типы		0,5	1,4

**4.10** Выявленные в Беларуси по состоянию на 01.01.2010 г. в результате региональных и поисковых геологоразведочных работ перспективные площади и рудопроявления урановых руд относятся к двум генетическим типам, согласно [9] – эндогенному и экзогенному.

**4.10.1** Долгиновское и Раевщинское рудопроявления относятся к эндогенному типу в структурах тектономагматической активизации (жилообразные залежи в гранитах в пределах Белорусского кристаллического массива) или к жильно-штокверковому типу по классификации МАГАТЭ. Рудопроявления второго типа, приуроченные к Малиновско-Октябрьской площадям относятся к экзогенным в водопроницаемых толщах платформенного чехла (в лентообразных залежах, в бурых углях, углистых песчаниках и сланцах) по классификации, принятой в России, или к «песчаниковому» типу по классификации МАГАТЭ.

**4.10.2 Долгиновское** рудопроявление приурочено к Кореличской зоне глубинных разломов, в пределах которой установлены две метасоматические жилы гранитных пегматоидов, секущие массив габброидов. Урановая минерализация представлена коффинитом, уранофаном, уранинитом, настураном, браннеритом, урановыми чернями. Средневзвешенное содержание урана составляет 0,3 %, тория 0,017 % на стволую мощность 0,37 м. Прогнозные ресурсы (категория P<sub>2</sub>) урана составляют 700 т. Глубина залегания рудной зоны 217,7-220,2 м.

**Раевщинское** рудопроявление локализуется в зоне Минского суперрегионального разлома на пересечении с тектоническим нарушением северо-западного простирания, в породах кристаллического фундамента. Оруденение приурочено к зоне трещиноватости и брекчирования. Урановые минералы представлены вкрапленностью окислов урана, урановых черней, большим количеством сорбционных форм урана, сложных гидроокислов (уранатов). Средневзвешенное содержание урана равно 0,337 % на стволую мощность 0,64 м. Прогнозные ресурсы (категория P<sub>2</sub>) урана составляют 1000 т.

**4.10.3** Экзогенный (второй) тип выявлен в углисто-глинистых карбонатных и песчаных породах платформенного чехла – Малиновско-Октябрьская и Лельчицкая площади с проявлением урановых руд Боровое. Обе площади приурочены к южной прибортовой части Припятского прогиба.

Рудопроявления **Малиновско-Октябрьской** площади приурочены к пониженным в палеорельефе участкам верхнедевонских отложений. Оруденение тяготеет к зоне предверхнепермского размыва пород, связано с приконтактной частью глинисто-карбонатных отложений и захватывает нижнюю кромку верхнепермских конгломератов и гравелитов. Руды представляют собой обогащенные ураном карбонатные глины, известковые породы, содержащие твердые битумы и сульфиды. В рудах наблюдается присутствие мышьяка до 0,1 %. Урановая минерализация представлена урановыми чернями, настураном. Глубина залегания рудной зоны от 130 до 250 м. Мощность ее 0,27 м. Содержание урана – 0,04 %. Прогнозные ресурсы урана (категория  $P_1$ ) составляют 28500 т.

Рудопроявление **Боровое** (Лельчицкая площадь) непосредственно примыкает к сбросам Украинского кристаллического щита в Южной прибортовой зоне Припятского прогиба. Локализуется в отложениях нижнего карбона в сульфидно-углистых прослоях и глинах, залегающих среди песков или слабосцементированных песчаников. Урановая минерализация представлена урановыми чернями. Содержание урана колеблется от 0,2 % на мощность 0,3 м до 1,3 % на мощность 0,5 м. Прогнозные ресурсы урана (категория  $P_2$ ) – 3500 т.

**4.10.4** Наиболее перспективными для проведения поисковых работ и оценки месторождений в настоящее время и на период до 2020 г. в Беларуси являются рудопроявления урана второго типа (Малиновско-Октябрьская площадь), где возможно будет применить для добычи урана, по предварительным данным, метод скважинного подземного выщелачивания (гидрометаллургический – СПВ). Ориентировочные значения параметров, определяющих целесообразность применения метода СПВ, приведены в приложении А.

## **5 Группировка месторождений урановых руд по сложности геологического строения**

**5.1** Достаточная и необходимая степень разведанности запасов для промышленного освоения определяется сложностью геологического строения месторождения.

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

**5.3** С целью более объективного отнесения месторождений к той или иной группе сложности геологического строения могут использоваться количественные показатели изменчивости основных свойств оруденения: коэффициент рудоносности, коэффициент вариации мощности рудных тел и содержаний в них полезных компонентов, показатель сложности рудных тел. Все коэффициенты и показатель определяются после проведения поисково-оценочных и более детальных геологоразведочных работ. Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации.

**5.4** По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, сложности внутреннего строения и особенностям распределения урана, месторождения урановых руд в Республике Беларусь в соответствии с [4] соответствуют 2-й группе (данные предварительные).

**5.5** Ко 2-й группе относятся месторождения (участки) сложного геологического строения, характеризующимися изменчивой мощностью. Рудные тела практически сплошные, с низким (первые сотые %), но относительно равномерным содержанием урана. Положение залежей в разрезах, вскрытых буровыми скважинами четко контролируется пониженными в палеорельефе участками в верхнедевонских отложениях и связаны с приконтактной частью углистых, глинисто-карбонатных, песчаных отложений и нижней кромкой верхнепермских конгломератов и гравелитов.

**5.6** Месторождения 2-й группы по запасам урановых руд могут быть отнесены к средним или крупным (мелкие месторождения до 25 тонн уранового концентрата, средние до 50 тонн уранового концентрата, а крупные свыше 50 тонн уранового концентрата).

## **6 Требования к изучению геологического строения месторождений и вещественного состава урановых руд**

**6.1** По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствует особенностям геологического строения и рельефу местности. Используются топографические карты в масштабах 1:50000–1:10000 и топопланы в масштабе 1:1000. Все пройденные горные выработки, как правило, буровые скважины, а также профили геофизических работ должны иметь инструментальную топографическую привязку. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудных тел и построены проложения их стволов на плоскость планов и разрезов.

**6.2** Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:10000–1:1000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях, при сложном строении, на блок-диаграммах и моделях. Указанные планы и разрезы во всех случаях составляются в масштабах не менее 1:2000–1:1000.

**6.3** Для месторождений пластового типа с субгоризонтальным залеганием рудовмещающих слоев, перекрытых непродуктивными отложениями, обработка которых намечается методом СПВ через специально оборудованные буровые скважины (СПВ), допускается представление геологических карт поверхности в более мелком масштабе (до 1:50000).

**6.4** По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25000-1:50000 с соответствующими разрезами, отвечающими требованиям к картам этого масштаба, а также другие графические материалы, обосновывающие оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых района. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопроявлений урана, а также участков, на которых оценены прогнозныe ресурсы полезных ископаемых.

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.

**6.5** По месторождениям, намечаемым к обработке методом СПВ, кроме геологических карт, составляются гидрогеологические карты, фашиально-геохимические карты продуктивных горизонтов в масштабе 1:10000-1:25000, а также планы изогипс продуктивных горизонтов, с отображением рудоконтролирующих элементов и контуров рудных залежей, в масштабах не мельче 1:2000-1:5000. Одним из важнейших требований при производстве ГРР является установление наличия водоупоров в подстилающих и перекрывающих рудные горизонты породах. Разрезы на этих месторождениях могут составляться в разных масштабах по вертикали и горизонтали. Вертикальный масштаб при этом должен выбираться таким, чтобы отразить внутреннее строение рудных залежей с необходимой детальностью (вплоть до 1:200).

**6.6** Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных залежей, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности оруденения, характере выклинивания рудных залежей, распределении урана в них, особенностях изменения вмещающих пород и

взаимоотношениях рудных залежей со вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов.

**6.7** На участках детализации должны быть получены необходимые данные о размерах, форме и условиях залегания собственно рудных тел (с коэффициентом рудоносности, близким к 1,0), входящих в состав рудных залежей, запасы которых подсчитываются с применением коэффициента рудоносности. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории  $P_1$ .

**6.8** Керн всех буровых скважин должен быть опробован с детальностью и с использованием материалов, позволяющих установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности их изменения.

**6.9** При искажении содержания урана в керновых пробах и не увязки его с данными по геофизическим исследованиям в скважинах и радиометрическому промеру керна необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования, а при необходимости провести бурение контрольных скважин.

**6.10** Перед опробованием керна обязательно должен быть предусмотрен его радиометрический промер.

**6.11** Для месторождений, представленных практически равновесными рудами, радиологические свойства изучаются по более редкой сети опробования. На комплексных месторождениях, в случае невозможности использования геофизического опробования для количественного определения содержания полезных компонентов, керновое опробование производится по всем интервалам с повышенным содержанием попутных компонентов как в контуре урановых руд, так и за их пределами.

**6.12** Рациональный комплекс ГИС определяется, исходя из конкретных геологических условий месторождений и современных возможностей геофизических методов. Во всех буровых скважинах обязательно проводится гамма-каротаж (далее - ГК). Целесообразность и условия применения других видов каротажа определяются задачами, возникающими при изучении различных месторождений и устанавливаются в каждом конкретном случае. На месторождениях в проницаемых породах для картирования проницаемых и водоупорных горизонтов и выявления в проницаемых рудных интервалах глинистых пропластков может применяться электрокаротаж методами расшифровки спонтанной/самопроизвольной/ поляризации (далее - ПС).

При исследовании технологических, наблюдательных, контрольных скважин на опытных участках СПВ кроме ГК могут применяться методы прямого определения содержания урана, в частности, каротаж нейтронов деления мгновенных (далее - КНД-М), термометрия и индукционный каротаж. С помощью метода КНД-М контролируется процесс выщелачивания, определяется степень извлечения и остаточное содержание урана в недрах. Индукционным каротажом (в необсаженных скважинах) исследуется растекание закачиваемого раствора. При проектировании и подготовке участка для опыта ПВ предусматриваются наблюдательные скважины.

При разведке урано-угольных месторождений в комплексе с гамма- и электрокаротажом обязательно применение ГГК-П и ГГК-С. По результатам ГГК-П и электрокаротажа определяются границы и мощность, а по данным ГГК-С – вещественный состав угольного пласта.

Для контроля диаметра буровых скважин применяется кавернометрия. Так как при интерпретации диаграмм ГК вводятся поправки на диаметр скважины, кавернометрия проводится прежде всего в пределах рудных интервалов. При устойчивости среднего



диаметра скважин в руде, доказанной на представительном количестве скважин, объем кавернометрии может быть сокращен до 10% от общего метража бурения по руде.

Инклинометрия выполняется в вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные. Замеры азимутальных и зенитных углов скважин производятся не более чем через 20 м с контролем и повторными измерениями в объеме 5-10%. При наличии в разрезе магнитных пород достоверность измерений азимутальных углов инклинометрами с магнитной стрелкой должна быть заверена измерениями гироскопическими инклинометрами. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

**6.13** Месторождения, намечаемые к разработке СПВ, разведываются исключительно скважинами. Особенности условий залегания и внутреннего строения рудных залежей, распределения оруденения в разрезе продуктивного пронцаемого горизонта, минерального и химического состава руд выявляются по данным скважин на участках детализации, которые должны характеризовать оруденение разных морфологических типов. На этих же участках осуществляются опытные и опытно-промышленные геотехнологические исследования по подземному выщелачиванию.

Методика разведки – объемы бурения, виды и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа. При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний урана, характер пространственного распределения урановых минералов, текстурно-структурные особенности руд (главным образом наличие крупных выделений рудных минералов), а также возможное избирательное истирание зерна при бурении и выкрашивание рудных минералов при опробовании в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

**6.14** По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход зерна 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, структуры, радиологических свойств и представительность материала для опробования. По рудным интервалам всегда следует добиваться предельно высокого выхода зерна. Скважины с выходом зерна менее 70 % должны браковаться и перебуриваться. На месторождениях, разведываемых под СПВ, по части скважин необходимо получать особо качественный зерн с ненарушенной структурой для отбора образцов на лабораторные испытания выщелачиваемости. Следует отметить, что получение качественного зерна на месторождениях для СПВ, залегающих в рыхлых породах, обычно требует специальных мер и инструмента (двойные-тройные колонковые трубы, специальные режимы бурения и пр.).

Достоверность определения линейного выхода зерна следует систематически контролировать весовым или объемным способами.

Представительность зерна для определения содержаний урана и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования зерна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости.

При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки.

**6.15** На месторождениях со сложными радиологическими условиями и изменчивым радиоактивным равновесием должны быть выделены однородные по содержанию радиоактивных элементов и радиоактивному равновесию геохимические зоны. Каждая из них должна характеризоваться представительным количеством выработок, равномерно освещающих всю ее площадь. Рудный материал, используемый для минералогической и количественной оценки радиоактивных элементов (урана, радия, тория, калия), должен представительно характеризовать изучаемые руды по мощности и содержанию. Для этих целей используется керн с ненарушенной структурой, характеризующий соответствующую геохимическую разновидность оруденения.

**6.16** При разведке месторождений, намечаемых для отработки СПВ, необходимая детализационная информация обеспечивается выборочным сгущением сети скважин, вплоть до соответствующей эксплуатационным сетям. На этих же участках осуществляются опытные и опытно-промышленные геотехнологические исследования по подземному выщелачиванию. Вместе с тем, характер процесса подземного выщелачивания определяет значительно менее жесткие требования к детальности представлений о распределении урановой минерализации в разрезе недр, что позволяет использовать более редкие разведочные сети. На таких месторождениях сплошность оруденения и его изменчивость по простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках – по маломощным рудным телам непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным жиллообразным и штокеркообразным рудным телам – пересечением ортами, квершлагами, подземными скважинами в сочетании с прослеживающими горными выработками.

**6.17** Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных залежей с учетом их размеров, особенностей геологического строения, характера распределения урана и возможности использования геофизических методов (наземных, скважинных, шахтно-рудничных) для оконтуривания рудных залежей и изучения сплошности оруденения.

**Таблица 4 – Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений в странах СНГ**

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел горными выработками для категорий запасов, в м			
			В		С <sub>1</sub>	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
2-я	Пластовые, линзообразные в плане, практически сплошные (Kp~1), с устойчивой мощностью и равномерно-низким содержанием (V<100%)	скважины	200-100	50-25	200-100	100-50
	Пластообразные, средней и высокой сплошности (Kp=0,6-1), с неравномерным содержанием (V>100%)	скважины	-	-	100-50	50-25
	Пластообразные, лентообразные, высокой сплошности в плане (Kp=0,6-1) и низкой в разрезе, с относительно равномерным	скважины	-	-	200-100	50-25

	содержанием ( $V < 100\%$ )					
--	-----------------------------	--	--	--	--	--

Приведенные в таблице 4 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений урановых руд в странах СНГ, 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.

На оцененных месторождениях разведочная сеть для категории  $C_2$  по сравнению с сетью для категории  $C_1$  разрежается в 2-4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения должны быть разведаны более детально.

**6.18** Участки со сложным геологическим строением подлежат более детальному исследованию по более плотной разведочной сети буровых скважин по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Детализация должна отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. Число и размеры участков детализации на разведываемых месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

**6.19** Результаты изучения керна буровых скважин, его опробования выносятся на первичную геологическую документацию (карты, планы, разрезы, блок-диаграммы) и сверяются с геологическим описанием.

**6.20** Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок керна и его описание должны систематически контролироваться главным инженером или руководителем организации. Следует также оценивать качество опробования (выдержанность интервала 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.

**6.21** Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками, должны быть опробованы. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования проводится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. Отбор проб керна проводится по методикам и схемам, разработанным для каждого месторождения или по аналогии с однотипными месторождениями. Принятый метод и способ опробования керна разведочных скважин должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности. При выборе геологических способов опробования (керновый, бороздовый, задирковый и др.) при определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования в соответствии с [10].

**6.22** Мощность рудных интервалов и концентрация в них урана, используемые для подсчета запасов, определяются, как правило, по данным гамма-каротажа и гамма-опробования.

Для интерпретации результатов радиометрических методов необходимо изучить состояние радиоактивного равновесия, а также распределение тория и калия. Такое изучение осуществляется по результатам анализов проб, отбираемых из горных выработок и керна скважин обычными способами.

Для определения поправок на нарушение радиоактивного равновесия между радием и ураном, а также между радоном и радием в околоскважинном пространстве (отжатие фильтратом промывочной жидкости) могут быть использованы также данные, полученные методом КНД-М.

Для определения содержаний попутных полезных компонентов и вредных примесей могут использоваться как обычные методы опробования, так и методы ядерно-геофизического опробования стенок горных выработок и ядерно-геофизического каротажа скважин.

**6.23** Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик, разработанных в других регионах и странах, должна рассматриваться научно-техническим советом Департамента по геологии Минприроды.

**6.24** Опробование керна разведочных скважин следует проводить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается, исходя из опыта разведки месторождений–аналогов в других регионах, а на новых объектах определяется экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными скважинами под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования)

- контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур. Для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных скважинах, а для рудных тел с четкими геологическими границами - по разреженной сети выработок;

- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических, других свойств руд и уточняется по результатам радиометрических промеров, а в скважинах - также длиной рейса, которая обосновывается в проекте геологоразведочных работ. Она не должна превышать установленную кондициями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида бурения. При опробовании керна скважин, особенно при неполном его выходе, рекомендуется предварительно осуществлять увязку данных ГК и промера керна, с совмещением характерных максимумов и минимумов, для уточнения положения материала керна по глубине. Интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керн, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба,

обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов урана в пробу берется весь керн.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок следует использовать в качестве основы для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения, руководствуясь соответствующими методическими документами.

При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы) кратной 1м. Для изучения покусковой контрастности руд необходимо использовать аппаратуру «направленного приема» с интерпретацией результатов гамма-каротажа и гамма-опробования по интервалам 5-10 см.

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

Точность кернового опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие его избирательного истирания. При этом необходимо учитывать наличие неравновесных руд, тория, притоков радоновых вод, поглощения бурового раствора в рудных зонах. Кроме того, результаты интерпретации гамма-каротажа могут быть проконтролированы методом КНД-М.

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

Достоверность принятых методов и способов опробования скважин контролируется более представительным способом, как правило, валовым. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы.

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.

**6.26** Обработка проб проводится по схемам, разработанным для каждого месторождения с учетом характера распределения основных и попутных компонентов 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 (приложение Б) и соблюдения схемы обработки. При обработке проб с резко различающимися содержаниями рудных минералов необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб проводится по специально составленным программам.

**6.27** Химический и минералогический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных

примесей. Содержание их в руде определяются анализами проб рентгеноспектральными, радиометрическими, химическими, пробирными, спектральными, физическими или другими методами, в соответствии с [6].

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с [6].

Анализы рядовых проб выполняются на содержание урана и ценных попутных компонентов, встречающихся в близких концентрациях (чаще всего – молибдена). Содержания других попутных компонентов (фосфора, золота и др.) могут определяться по групповым пробам. Также по групповым пробам оцениваются содержания тория и калия, и выполняются полные химические анализы для изучения вещественного состава и расчета эффективного атомного номера руд.

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 простирацию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

Для градуировки анализирующей лабораторной аппаратуры используются стандартные образцы, указанные в отраслевой или НТД; при отсутствии таких указаний используются СОП, изготовленные из руд с элементным составом, аналогичным или близким к составу руд разведываемого месторождения.

**6.28** Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями Республиканского центра аналитического контроля Минприроды (РЦАК). 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.

Примечание – контрольный анализ проб выполняется только в соответствующих аттестованных лабораториях.

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 не позднее следующего квартала.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в контрольную лабораторию. Пробы, направляемые на внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождений и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов.

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

**6.29** Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний проводится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому

методу анализа и лабораториям, выполняющим основные и контрольные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями РЦАК по статистической обработке аналитических данных. Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в таблице 5.

**Таблица 5 – Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний радиоактивных и некоторых сопутствующих им в рудах элементов**

Компоненты	Классы содержаний, % (Se, Ag, Au, Ti, Ga, Ge, Re, г/т)	Допустимые среднеквадратические погрешности, %	Компоненты	Классы содержаний, % (Se, Ag, Au, Ti, Ga, Ge, Re, г/т)	Допустимые среднеквадратические погрешности, %
1	2	3	4	5	6
Уран	>1	4,0	CaF <sub>2</sub>	>50	2,5
	0,1-1	5,0		20-50	3,0
	0,03-0,1	6,5		10-20	5,0
	0,01-0,03	8,0		2-10	10
	0,01	15		0,5-2	17
Торий	>1	4,5	Мышьяк	>2	3,0
	0,1-1	6,0		0,5-2	6,0
	0,03-0,1	8,5		0,05-0,5	16
	0,01-0,03	10		0,01-0,05	25
	<0,01	20		<0,01	30
Радий в % равновесного урана	>1	4,0	Золото средней крупности (до 0,6 мм)	>128	7,5
	0,1-1	5,0		64-128	8,5
	0,03-0,1	6,5		16-64	13
	0,01-0,03	8,0		4-16	25
	<0,01	15		<4	30
Железо общее	>45	1,0	Золото дисперсное	>128	4,0
	30-45	1,5		64-128	4,5
	20-30	2,0		16-64	10
	10-20	2,5		4-16	18
	5-10	5,0		1-4	25
	1-5	10		<1	30
TiO <sub>2</sub>	>15	2,5	Цирконий в оксиде ZrO <sub>2</sub>	>3	3,5
	4-15	6,0		1-3	6,0
	1-4	8,5		0,1-1	15
	<1	17		<0,1	30
Сера	>40	1,0	BeO	>10	2,5
	30-40	1,2		5-10	3,0
	20-30	1,5		1-5	5,5
	10-20	2,0		0,5-1	7,0
	2-10	6,0		0,2-0,5	10
	1-2	9,0		0,1-0,2	12
	0,5-1	12		0,05-0,1	15
	0,3-0,5	15		0,02-0,05	20
	0,1-0,3	17		0,01-0,02	25
	0,05-0,1	20	Селен	>5000	4,5

	<0,05	30		1000-5000	6,0
--	-------	----	--	-----------	-----

**Окончание таблицы 5**

1	2	3	4	5	6	
Цинк	>10	2,5	Селен	500-1000	8,0	
	5-10	3,5		100-500	15	
	2-5	6,0		50-100	20	
	0,5-2	11		20-50	25	
	0,2-0,5	13		<20	30	
	0,1-0,2	17		Сумма редких земель	>10	4,5
	0,02-0,1	22	1-10		7,0	
Свинец	>10	2,5	Серебро	0,5-1	10	
	5-10	3,5		0,2-0,5	13	
	2-5	6,0		0,1-0,2	20	
	1-2	8,5		0,05-0,1	25	
	0,5-1	11		<0,05	30	
Свинец	0,2-0,5	13		Р <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в фосфоритах, апатитах	>500	2,5
	0,1-0,2	17			300-500	5,0
Медь	>5	2,5			100-300	7,0
	3-5	4,5			30-100	12
	1-3	5,5			10-30	15
	0,5-1	8,5			1-10	22
	0,2-0,5	13	0,5-1		25	
	0,1-0,2	17	30-40		1,3	
	0,05-0,1	25	20-30		2,0	
Никель	0,01-0,05	30	10-20		3,5	
	1-2	5,0	5-10		4,0	
	0,5-1	7,0	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		>1	8,0
	0,2-0,5	10		0,5-1	12	
0,02-0,02	20	0,2-0,5		15		
		0,1-0,2		20		
Кобальт	>1	2,5	0,01-0,1	25		
	0,5-1	3,5	<0,01	30		
	0,1-0,5	6,0	>40	18		
	0,05-0,1	10	20-40	19		
	0,01-0,05	25	10-20	22		
			5-10	24		
Молибден	>1	3,5	1-5	26		
	0,5-1	6,0	<1	30		
	0,2-0,5	8,5	>128	10		
	0,1-0,2	13	64-128	12		
	0,05-0,1	18				
	0,02-0,05	23				
	>5	6,5				
	1-5	11	16-64	18		
	0,5-1	15	4-16	25		
	<0,5	30	<4	30		

Примечание – Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются



интерполяцией.
----------------

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.

**6.30** При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль 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 30-40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10-15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов, оценки стабильности работы аппаратуры, воспроизводимости результатов и др. – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

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

Особое внимание уделяется ураносодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен и их распределения по крупности.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений. Наряду с рудами систематическому минералогическому изучению подвергаются также и продукты их обогащения.

**6.32** При изучении месторождений для отработки способом СПВ должны быть получены данные о растворимости урановых и урансодержащих минералов в химических реагентах, используемых для извлечения урана. В случаях, когда урановая руда богата минералами, различающихся по растворимости, должен быть составлен баланс распределения урана по растворимым и труднорастворимым минералам. При подземном выщелачивании должна быть изучена восстановительная емкость пород и руд. Определены и выявлены геохимическая зональность по этому признаку, содержание и природа различных восстановителей, соотношение закисного и окисного железа.

**6.33** Определение объемной массы необходимо проводить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев. Объемная масса плотных руд и рудовмещающих пород определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Каждая разновидность руд и

вещающих пород должна быть охарактеризована не менее чем 30 образцами (пробами). Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

**6.34** В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд, их вскрываемости при кислотном и карбонатном выщелачивании устанавливаются природные разновидности руд и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и отдельной переработки. Окончательное выделение промышленных (технологических) типов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

## **7 Требования к изучению технологических свойств урановых руд**

**7.1** В процессе проведения геологоразведочных работ на стадиях поисков, оценки и на этапе разведки и освоения месторождений должны быть изучены в лабораторных, а при необходимости – в натуральных условиях технологические свойства и возможности извлечения урана из изученных месторождений. Технологические свойства руд определяются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералогических, малых технологических, лабораторных, укрупнено-лабораторных и полупромышленных пробах в соответствии с [11], [12]

**7.2** Для новых и труднообогатимых типов руд, методика переработки которых отсутствует, технологические исследования должны проводиться по специальным программам в организациях и специализированных научно-исследовательских центрах (в том числе при необходимости и за пределами республики). Отбор проб для лабораторных и промышленных исследований следует выполнять в соответствии с инструкцией, которая должна быть разработана до начала стадии оценки месторождения.

**7.3** Проведению технологических исследований руд должно предшествовать изучение возможности радиометрического выделения, с учетом изучения минералогического состава пород (по керну), вскрытых буровыми скважинами, природных разновидностей и их физических признаков.

**7.4** Принципиальная возможность извлечения урана способом СПВ устанавливается геотехнологическими исследованиями на начальной стадии оценки месторождений.

Такие исследования выполняются в лабораториях на образцах керна с нарушенной и ненарушенной структурой, в объемах, достаточных для выбора схемы, предварительной оценки показателей извлечения и расхода реагентов. Однако смоделировать в лаборатории особенности протекания процесса в недрах практически невозможно. Поэтому на завершающей стадии оценки месторождения, необходимо проведение натуральных геотехнологических испытаний. Такие испытания проводятся по двухскважинной схеме, без передела продуктивных растворов, в условиях дисбаланса откачки-закачки. Отношение дебитов откачки и закачки обычно выбирается порядка 3-5, что позволяет локализовать область циркуляции растворов. В процессе опыта систематически замеряются дебиты и опробуются откачиваемые растворы, по содержанию урана в которых, путем умножения на коэффициент дисбаланса, оценивается вероятное содержание урана в промышленных растворах при СПВ. По общему объему растворов и среднему содержанию урана в них оценивается количество извлеченного в растворы металла, а по разности его с первоначальной оценкой в недрах – степень извлечения. Двухскважинные опыты позволяют получить достаточно надежные оценки всех параметров выщелачивания, за исключением показателей передела растворов. Отрицательный результат таких опытов чаще всего свидетельствует о невозможности отработки данного участка СПВ, а если участок достаточно типичен, то и

месторождения в целом. Время, необходимое для проведения двухскважинных опытов, обычно составляет от 3 до 6 месяцев.

**7.5** На стадии предварительной разведки приступают к проведению многоскважинных опытов, практически отвечающих опытной эксплуатации. Такие опыты необходимо проводить на малых группах элементарных ячеек (обычно 2-3 откачные и соответствующее количество закачных скважин), с введением в схему узла переработки растворов и с получением конечной продукции (насыщенного сорбента или желтого кека). Время проведения таких опытов составляет уже не менее 1-2 лет. В них отрабатываются оптимальные режимы и получаются все показатели, необходимые для проектирования горного предприятия.

**7.6** Основными геотехнологическими параметрами при СПВ являются коэффициенты фильтрации и дебиты скважин при откачке, средняя концентрация урана в выходных растворах, степень извлечения металла из недр, удельные затраты реагента на кг урана, а также отношение масс рабочего раствора и прорабатываемых им пород (жидкого к твёрдому, Ж/Т), при котором достигается максимальное извлечение.

Примерные значения этих параметров, позволяющие обосновать положительную или однозначно отрицательную оценку геотехнологических свойств месторождений, приведены в Приложении 5 (рекомендуемом).

Опытные работы по СПВ на стадии предварительной разведки обязательно должны доводиться до достижения содержания урановых руд в растворах, отвечающего промышленному минимуму, поскольку только в этом случае могут быть получены объективные оценки извлечения урановых руд и всех других показателей, необходимых для дальнейших экономических расчетов.

**7.7** В результате исследований технологические свойства урановых руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для разработки технологической схемы их переработки, с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение. По каждому из сортов и типов урановых руд должны быть определены минеральный и химический составы исходной руды, определены технологические показатели переработки, при процессе выщелачивания – величина извлечения урана, расход реагентов, необходимость обезвреживания промстоков. Качество продуктов переработки и концентратов должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

Для изучения попутных компонентов необходимо соблюдать требования, изложенные в [6]. Необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также определить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод, а также отходов, переработки минерального сырья и даны рекомендации по очистке промстоков.

**7.8** Переработка и обогащение технологических проб урановых руд с выделением иона  $UO_2^{2+}$  должны проводиться по кислотной и карбонатной приведенным схемам (таблица 6), с применением при необходимости интенсифицирующих агентов (нагрев, давление, добавка окислителей). Выбор схемы переработки и ее экономические показатели определяются химическим составом руд и типом урановой минерализации, опробованным при лабораторно-технологическом изучении на стадиях предварительной и детальной разведок.

**Таблица 6 – Сравнительные характеристики кислотной и карбонатной схем**

Характеристика	Кислотная схема	Карбонатная схема
Основной реагент	$H_2SO_4$	$Na_2CO_3$ , $NaHCO_3$ , $(NH_4)_2CO_3$
Окислитель	Не обязателен	$O_2$ , $H_2O_2$

Концентрация основного реагента	5-30 г/л	0,5-10 г/л
окислителя: O <sub>2</sub>	-	100-300 мг/л
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-	0,3-3 г/л
pH растворов	0,8-1,2	8-11
Вредные факторы	Карбонаты >2,5% CO <sub>2</sub>	Сульфиды, > 1%
Общая эффективность процесса	Высокая	Пониженная
Материал труб и арматуры	Полиэтилен, пластики, нерж. сталь	Допустим чёрный металл
Экологически вредный фактор	Оставление в недрах кислотных растворов	Извлечение на поверхность активного Ra

Обработка месторождений урановых руд способом СПВ проводится при помощи реагентов, предусмотренных при кислотной схеме. Карбонатная схема непригодна, если руды содержат много гипса и гумусовых веществ. Дальнейшая обработка растворов, извлечённых из скважин осаждением окиси урана (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) проводится аммиаком, реже перекисью водорода. В качестве окислителя при СПВ чаще используется кислород из воздуха или чистый кислород, вводимые путём аэрации растворов.

**7.9** Попутными полезными компонентами в рудах урановых месторождений могут являться молибден, селен, сера, рений, редкие земли и д.р. При этом в рудах, в которых уран и попутные компоненты входят в состав одних и тех же минералов, попутные компоненты могут быть извлечены только в виде чистых химических продуктов после гидрометаллургического передела, а руды в которых уран и попутные компоненты заключены в разных минералах, должны предварительно обогащаться с выделением в самостоятельные концентраты.

## **8 Требования к изучению гидрогеологических, инженерно-гидрогеологических, экологических условий месторождений.**

**8.1** Изучение гидрогеологических, инженерно-гидрогеологических, экологических и других условий является одной из основных задач при проведении геологоразведочных работ на стадиях поисковых работ и оценки месторождений. Требование к этому изучению - предельно достоверно определить важнейшие влияния этих условий на дальнейшее изучение месторождения и возможность его рентабельной разработки в соответствии с [1].

**8.2** Изучение гидрогеологических условий месторождений урановых руд должно проводиться с учетом специфики применения наиболее прогрессивного и экологически чистого в условиях республики способа – способа СПВ.

При разведке месторождений урановых руд, планируемых к разработке способом СПВ, эти исследования должны быть нацелены на дифференциацию геологических образований по проницаемости технологических растворителей.

В процессе гидрогеологических исследований должны быть изучены условия обводненности месторождений, оценены возможные водопритоки из вмещающих, подстилающих и перекрывающих горизонтов горных пород. По каждому водоносному горизонту, участвующему в обводненности месторождения, должна быть установлена его мощность, литологический состав, типы коллекторов, наличие водоупоров (региональных и локальных), условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами. По подземным водам опытными откачками и режимными наблюдениями определяются для участвующих в обводнении месторождения вод коэффициенты фильтрации, изучаются химический состав, содержание радиоэлементов и бактериологического их состояния, возможные эманации Ra, их агрессивность по

отношению к бетону, металлам и полимерам. Обязательна оценка негативного влияния этих явлений на подземные воды, инженерные сооружения, и возможность их нейтрализации. Откачиваемые подземные воды, содержащие вредные (токсичные) компоненты должны утилизироваться, токсичные компоненты нейтрализовываться.

**8.3** Химический состав вод, участвующих в технологических процессах по добыче, обогащению, лабораторно-технологических исследованиях должны контролироваться. Утилизация загрязненных вод предполагает точный подсчет их запасов, руководствуясь соответствующими методическими документами.

**8.4** Гидрогеологические исследования при разведке месторождений под отработку способом СПВ проводятся с целью прогноза гидродинамики процесса СПВ, обоснования систем расположения и дебитов технологических скважин, прогноза изменения гидродинамических условий в процессе эксплуатации, оценки возможного взаимного влияния водозаборов подземных вод и системы СПВ, а также экологических последствий СПВ.

В процессе изучения должны быть выделены литолого-фильтрационные типы пород, изучены их фильтрационные свойства, оценено соотношение водопроницаемости руд и безрудных пород, определены дебиты скважин, оборудованных на рудные интервалы. Установлены режимы подземных вод (напорный или безнапорный) и величины напоров, качество водоупоров в кровле и подошве рудовмещающего горизонта, глубина залегания уровня, направление и скорость движения; химический состав и агрессивность подземных вод, влияние на гидродинамические условия горизонтов основных разрывных нарушений.

По результатам исследований должны даваться прогнозы возможного растекания продуктивных растворов за пределы геотехнологических участков (полигонов). Определяется также вероятность естественной нейтрализации растворов и необходимость принудительных мер рекультивации водоносных горизонтов после завершения эксплуатации в соответствии с установленными требованиями, особенно в части с высокотоксичными элементами и вредными компонентами, химическими соединениями.

**8.5** Инженерно-геологические исследования при разведке месторождений урановых руд проводятся с целью информационного обеспечения проектирования основных видов буровых работ и повышения их безопасности.

В процессе исследований должны быть определены плотность, твердость, сопротивление сжатию, разрыхляемость и другие необходимые характеристики руд, рудовмещающих пород, перекрывающих и подстилающих отложений, для естественного водонасыщенного состояния. Должны быть изучены инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, состояние в зоне выветривания, а также охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. Особое внимание необходимо уделять участкам ослабленных пород (зоны разломов, плавунные породы и др.). Должны быть собраны данные о сейсмичности района. Инженерно-геологические исследования необходимо проводить в соответствии с [14], [15].

Инженерно-геологические исследования при разведке месторождений для отработки способом СПВ выполняются с целью дифференциации среды по проницаемости для технологических растворов и изучения условий создания крупных скважинных систем.

В процессе исследований должны быть изучены гранулометрический состав, фильтрационные и водно-физические свойства пород; категория пород по буримости, степень устойчивости пород при бурении и оборудовании скважин (поглощение промывочной жидкости, проявление пучащих и плавунных свойств пород и др.). При изучении гранулометрического состава, основной показатель - содержание глинистой фракции, определяющее относительную проницаемость слоев, обязательно изучается по разрезу

дифференцированно. Кроме опробования керна, для послойной оценки фильтрационных свойств пород, используются специальные виды каротажа (электрическими методами КС и ПС, расходометрия.).

Устанавливается температурный режим в интервале залегания оруденения, а также условия поверхности, определяющие размещение скважинных систем и трубопроводов (необходимость и объем планировочных работ, строительства подъездов и др.). Собираются сведения о возможных геодинамических явлениях и процессах в районе месторождения, качестве тампонажа разведочных скважин, климатических условиях, почвенном и растительном покрове.

Принципиальные схемы добычи и переработки урановых руд методом СПВ определяются на стадиях предварительной и детальной разведки.

**8.6** Экологические исследования необходимо выполнять при любом способе разведки месторождения, отбора и анализа лабораторно-технологических проб, изучении технологии переработки руд и извлечения основного компонента – урана, а также сопутствующих полезных компонентов. В основном, проблемы экологического состояния месторождения, добываемых руд, их обогащение определяются высокотоксичными и супертоксичными компонентами, и, в первую очередь, радиоактивными элементами и их радионуклидами (U, Ra, Rn, Sr, Se, Ru, Th, Cs и др.).

Требования по работе с радиоактивными веществами и их отходами, источниками ионизирующих излучений определяются в соответствии с [16], [17] и [18]. Отклонение от требований могут быть только в сторону их ужесточения исходя из местных условий состояния окружающей среды.

Классы и некоторые коэффициенты геотоксичности (литотоксичности) приведены в приложениях А, В, в соответствии с [7], [18].

**8.7** Изучение и прогнозирование воздействия процессов поисков, оценки, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на ОС является обязательной составной частью геологоразведочных работ и должны способствовать ликвидации их негативных последствий, необходимых для оценки подготовленности месторождения для комплексного промышленного освоения, а также для разработки рационального комплекса природоохранных мероприятий и определения их стоимости на разных стадиях изучения и геолого-экономической оценки месторождений. Состав работ по геологическому изучению недр по этапам и стадиям порядок их проведения, требования по составлению отчетов по результатам работ по геологическому изучению недр устанавливаются Минприроды.

Влияние геологоразведочных работ и промышленного освоения месторождения (при всех способах их отработки) на ОС может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, выводе из хозяйственного оборота или снижении продуктивности плодородных земель и других негативных последствиях. Характер и степень этого влияния в значительной степени обусловлены способом ведения геологоразведочных работ и отработки месторождения, составом добываемых и перерабатываемых полезных ископаемых, технологией их переработки и обогащения, энергетического использования, степенью очистки отходящих газов и сточных вод.

**8.8** Предотвращение или нейтрализация вредного воздействия освоения месторождения на ОС возможно только при наличии максимально полной информации о характере объекта и условиях его эксплуатации, которая должна быть получена в процессе разведочных работ и использована для выработки соответствующих проектных решений и природоохранных мероприятий.

**8.9** Вначале должен осуществляться сбор информации о состоянии ОС и основных чертах предполагаемых технологий геологоразведочных работ, добычи и переработки минерального сырья. В способах выщелачивания (подземного скважинного) процессы

добычи и переработки должны быть пространственно объединены в одно производство. Оценка исходного состояния ОС района месторождения включает характеристику климатических, геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических, геохимических, ландшафтных и других природных и антропогенных объектов и влияние на них действующих производств. Для предварительной эколого-геохимической оценки месторождений, руд и минералов следует руководствоваться показателями геотоксичности элементов, позволяющими учитывать величину (класс) их опасности.

**8.10** Характеристика основных черт технологий работ должна заключаться в выделении главных процессов, воздействующих на ОС, описании качества, токсичности, количества, способов удаления, размещения и хранения отходов. При способе добычи методом СПВ основными процессами являются технологические буровые скважины и откачка вод с растворёнными токсичными компонентами, которые необходимо накапливать в специальных резервуарах.

Основной функциональный источник воздействия на ОС при подземном скважинном выщелачивании – остаточный рабочий раствор. Основные последствия скважинных способов добычи заключаются как в нарушении стволами скважин целостности геологического массива, включая водоупоры, так и земной поверхности необрушенными площадками буровых агрегатов (отстойники, разливы горюче-смазочных материалов и промывочных жидкостей), пришедшим в негодность буровым оборудованием.

**8.11** В случае предстоящей организации добычи урановых руд должна быть дана оценка полного комплекса потенциального вредного воздействия на ОС и ожидаемыми проявлениями его вредных последствий. Итогом анализа должна быть получена максимально полная информация, необходимая для последующего определения ущерба и составления, при необходимости, программы дополнительных исследований.

Примечание – под ущербом понимают такое последствие воздействия, которое создаёт существенное ограничение функционирования локальных природных, хозяйственных, социальных и других объектов воздействия, определяемых как объекты ущерба.

**8.12** При СПВ особое внимание уделяется состоянию подземных вод, которые в районе урановых месторождений могут быть изначально и естественно загрязнены радиоэлементами, что исключает их хозяйственное использование. Отходы добычи урана должны быть естественно захоронены в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь. Главную экологическую опасность представляет миграция загрязнённых реагентами подземных вод. В связи с этим, необходимо при добыче предусмотреть мероприятия по контролю за изменением химической природы этих вод, независимо от того, насколько быстро происходит нейтрализация реагентов природными сорбентами (карбонаты, цеолиты, глинистые минералы, органика). Прогноз возможности и темпов саморегуляции необходимо делать на основании исследований и созданной системы мониторинга на стадии детальной разведки и при отработке месторождения.

**8.13** Специального изучения требуют факторы, влияющие на здоровье персонала как на стадии добычи, так и при разведке урановых руд (радиоактивность, геотермические условия, воздушная среда и другие).

**8.14** При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других условиях разработки требуется постановка специальных работ, объёмы, сроки и порядок проведения которых обосновывается проектами.

**8.15** Прогноз экологических последствий должен осуществляться с помощью моделирования на основе аналогий и с привлечением экспертных оценок. Об опасности последствий необходимо судить по количественным и качественным показателям токсичных и высокотоксичных химических элементов. При прогнозной оценке загрязнения

ОС, а также минерального состава урановых руд необходимо руководствоваться санитарно-гигиеническими нормами.

**8.16** На основании выявленных причин и величин предполагаемого физического ущерба и предлагаемых природоохранных мероприятий должно проводиться эколого-экономическое определение ущерба в финансовом выражении, которое отражается в самостоятельных (отдельных) разделах ТЭС, ТЭО кондиций, материалов по подсчёту запасов месторождений урановых руд. Они должны также лежать в основе раздела о воздействии на ОС, и являться, по сути, первым этапом процедуры освоения месторождения.

## **9 Требования к подсчёту запасов урановых руд**

**9.1** Подсчёт и классификация запасов урановых руд по степени разведанности должны проводиться в соответствии с требованиями [4].

**9.2** Запасы должны подсчитываться по выделенным в процессе детальной разведки подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, на предприятиях СОП трёхлетнюю производительность ближайшего по геологическим условиям района или ближайшей местности по добыче урановых руд в аналогичных геологических условиях будущего предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны соответствовать следующим требованиям:

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

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

в) выдержанностью условий залегания рудных тел, определённой приуроченностью блока к единому структурному элементу (тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями и т. д.);

г) общностью горнотехнических условий разработки. При СПВ, обычно по простиранию рудных тел, подсчётные блоки следует разделять с учётом намечаемой последовательности отработки запасов.

**9.3** При подсчёте запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений урановых руд:

Запасы категории В при разведке подсчитываются на месторождениях 2-ой группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведён по буровым скважинам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объёму представительных данных и, в первую очередь результатов ползаводских технологических исследований. Промышленные (технологические) типы руд должны быть оконтурены.

Применение коэффициента рудоносности при подсчёте запасов категории В, как правило, не допускается.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки. К запасам категории В при детальной разведке месторождений, разработка которых будет проводиться методом СПВ, должны относиться запасы по полигонам, разбуренным сетями скважин, в которых проведена пробная добыча с закачиванием реагентов для выщелачивания.

**9.4** К категории С<sub>1</sub> относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами,



полученными на участках детализации. При подсчёте запасов категории  $C_1$  на месторождениях урана допускается применение коэффициента рудоносности, при условии, что его величина составляет для месторождений 2-ой группы  $>0,7$  контуров запасов категории  $C_1$ , как правило, определяется геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией.

**9.5** Запасы категории  $C_2$  подсчитываются по конкретным рудным телам или рудоносным зонам, контуры которых определены по разреженным (относительно принятой для запасов категории  $C_1$ ) разведочным сетям, а также путём экстраполяции по простиранию от разведанных запасов более высоких категорий, при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений.

**9.6** Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). При этом должны учитываться требования [4]. При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности основных подсчётных параметров.

Запасы урановых руд подсчитываются в тоннах (тыс. тонн, млн. тонн), запасы урана — в тоннах металлического урана. Содержание урана оцениваются в весовых %, а площадная продуктивность при СПВ — в кг урана на 1 кв. м площади (через суммарные величины метропроцентов всех кондиционных рудных прослоев в пределах мощности продуктивного пласта).

При определении величины запасов при СПВ необходимо знание объёма прорабатываемого растворами геологического тела (фильтрующего продуктивного горизонта), а также массы (с естественной влажностью) слагающих его пород, которые следует подсчитать. Запасы урана могут также рассчитываться непосредственно через площади блоков и удельную среднюю продуктивность в  $кг/м^2$ .

При подсчёте запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием урана («ураганские пробы»), проанализировано их выявление на величину среднего содержания по разведанным сечениям и подсчётным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием или увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчётные блоки.

**9.7** При подсчёте запасов для СПВ к балансовым должны относиться только запасы в проницаемых породах и породах, не являющихся углями. Интервалы руд, заключённые в глинистых прослоях и линзах углей, или породах, обогащённых органикой, из числа учитываемых балансовых исключаются, независимо от содержания урана. Показатели для отнесения рудных интервалов к проницаемым (предельное содержание рудной фракции) или углям (предельное содержание органического углерода) оговариваются в кондициях.

Забалансовые (потенциально-экономические запасы) подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения при появлении новых геотехнологий в будущем. При подсчёте забалансовых запасов проводится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.). При подсчёте запасов для СПВ, концентрации урана, которые, согласно установленных кондиций, квалифицируются как неизвлекаемые, учёту в качестве забалансовых запасов не подлежат.

**9.8** При подсчёте запасов рудных месторождений, в том числе и урана, необходимо применение метода математического (геостатистического) моделирования. При этом, занимаемое месторождением пространство недр представляется в виде системы ячеек (блоков) стандартной формы и размера (обычно кубы или призмы, размером от первых метров до 10-20 метров), для каждой из которых, с использованием некоторых

интерполяционных формул, вычисляется оценка содержания компонента (иногда и других параметров). В соответствии с вычисленным значением и заданными условиями, каждая ячейка относится к промышленному контуру или исключается из него.

Вывод интерполяционных формул основывается на предположениях о статистической взаимозависимости величин параметра в смежных точках пространства, увеличивающейся с уменьшением расстояния между ними, и наоборот. Характер такой зависимости может постулироваться в виде некоторой функции (например, метод т. н. «обратных квадратов расстояний»), или определяется на основе анализа «вариограмм», представляющих собой функции, аппроксимирующие зависимость характеристик рассеяния от расстояния между наблюдениями, или, наконец, базироваться на сопоставительном анализе результатов разведки и отработки (эксплуатационной разведки).

Процедура оценки наиболее вероятного значения параметра в некоторой элементарной зоне пространства, с использованием разведочных проб, расположенных как внутри, так и вне её, получила название «кригинга» («крайгинга»). Любая процедура такого рода приводит к некоторому занижению значений содержания в зонах влияния богатых проб (относительно его значений в самих пробах) и завышения в зонах влияния бедных проб, т. е. к сглаживанию. Т. к. в дальнейшем контур промышленных запасов отстраивается по сглаженным данным, результаты подсчёта обычными способами, приводят к несколько увеличенным оценкам запасов руды, но уменьшенным — среднего содержания. При этом кригинг направлен не на ограничение влияния выдающихся «ураганных» значений (такие значения следует ограничивать независимо от его применения), а на уточнение доли бедных руд в балансовых запасах, поскольку эта доля, как показывает опыт, при обычных подсчётах, как правило, занижается.

Расчётные процедуры типа «кригинга» могут применяться и при обычных способах подсчёта запасов, без построения ячеечных (блочных) математических моделей. Однако преимущество современных методов моделирования заключается в возможности прогноза структуры информационного массива для элементов разной геометрии и оценки вероятного положения промышленного контура при эксплуатационной разведке или отработке. Такой прогноз, хоть и осуществляется для конкретных точек пространства с относительно высокой погрешностью, позволяет получать более правильные (свободные от систематической ошибки) оценки средних параметров в оконтуриваемом объёме.

Следует учитывать, что наличие между этапом разведки полезного ископаемого и подготовки месторождения для разработки и отработки стадии эксплуатационной разведки, на которой положение промышленного контура может быть уточнено, учитывается не во всех алгоритмах моделирования. Оценки запасов по таким моделям могут характеризоваться несколько «излишним» завышением доли бедных руд в балансовом контуре и снижением среднего содержания в рудах.

Построение достаточно адекватных моделей определяется также не только тем или иным используемым математическим аппаратом, но и правильным учётом геологических особенностей месторождения. Построению моделей всегда должен предшествовать анализ геологического строения объекта, на основании которого задаются элементы, определяющие особенности пространственного распространения руды: складки, разломы, контакты благоприятных и неблагоприятных пород, геохимические границы (например, зона окисления) и др.; а также проводится разделение признакового пространства на блоки с различными параметрами эллипсоида сглаживания, принимаемого при моделировании.

Наилучшие результаты моделирование обеспечивает тогда, когда параметры моделей (радиусы влияния, анизотропия, вид и коэффициенты уравнения кригинга, или иной процедуры сглаживания) подбираются путём сравнения результатов расчётов по моделям с результатами эксплуатации (эксплуатационной разведки) по отработанным

частям месторождений. Моделирование представляет собой прогрессивную методику обработки исходной информации, в целом способствующую повышению достоверности получаемых выводов и снижению рисков на основе их решений.

**9.9** При подсчёте запасов с применением компьютерных технологий должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходной базы данных (координаты разведочных выработок и рудных интервалов в них, данные опробования и др.), а также промежуточных результатов подсчётов и построений (средние параметры по пересечениям, горизонтам, разрезам, блокам). Методика подсчёта должна позволять корректировать показатели кондиций, контуры блоков, их категоризацию и балансовую принадлежность, а также общие результаты подсчёта в связи с замечаниями экспертизы.

Независимо от технологии подсчёта запасов, исходную базу данных, включая результаты ГК и гамма-промера керна, следует представлять в электронном виде, допускающем переинтерпретацию в случае возникновения необходимости в изменении кондиций.

Основные параметры для обоснования геотехнологических свойств месторождений урановых руд приведены ниже в таблице 7. На месторождениях, для которых подземное выщелачивание является основным способом разработки, их разведка должна включать расширенные геотехнологические исследования с проведением натуральных испытаний, методика которых обосновывается в проекте геологоразведочных работ.

**Таблица 7 – Параметры для обоснования оценки геотехнологических свойств месторождения**

Параметр	Значение, отвечающее положительной оценке	Значение, отвечающее наиболее оптимальной оценке
Коэффициент фильтрации (для воды), м/сут	>1	3-5
Средняя концентрация урана в растворах, мг/л	>40	>50
Отношение Ж/Г	1-3	3
Удельные затраты реагента, кг H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /кгU	<100	50-60
Степень извлечения урана от запасов в недрах, %	>70	>80
Глубина залегания оруденения, м	<500	до 300

**9.10** Подсчёт запасов попутных полезных ископаемых и компонентов проводится в каждом подсчётном блоке в соответствии с [6].

При СПВ к ценным попутным компонентам относятся только компоненты, извлекаемые попутно с ураном теми же растворами. К ним могут быть отнесены только ванадий, рений и скандий, переходящие в раствор при сернокислотной технологии и извлекаемые путём дополнительной сорбции на специальные сорбенты. Организация добычи СПВ других компонентов (селен, молибденит и др.) может оказаться рациональной только при их концентрациях, превышающих концентрации урана более чем в 5 раз (примерное соотношение их стоимости), чего обычно не бывает. Компоненты, извлечение которых требует применения иных по составу растворов, могут относиться к ценным, только если целесообразность их самостоятельного извлечения обоснована в ТЭО кондиций.

**9.11** Материалы подсчета запасов оформляются в соответствии с [30].

## **10 Подготовленность разведанных месторождений урановых руд к разработке**

**10.1** Подготовленность разведанных месторождений урановых руд к разработке определяется в соответствии с [2], [3], [4], [5].

**10.2** Разведанные месторождения урановых руд считаются подготовленными к разработке, если их балансовые запасы в установленном порядке утверждены Минприроды.

**10.3** Особенности разработки наиболее перспективных месторождений урановых руд в Республике Беларусь – применимость наиболее экологически безопасного для ОС геотехнологического метода СПВ.

**10.4** Важнейшими условиями применимости метода СПВ при разработке урановых руд должно быть наличие естественной проницаемости и обводненности рудовмещающей среды.

**10.5** При разведке месторождение должно быть разделено на полигоны (участки), последовательно разбуриваемые системами закачных и откачных скважин. Система расположения скважин (линейная или ячеистая с различной геометрией ячеек) должна быть определена на стадии предварительной разведки. При этом должно быть определено соотношение закачных и откачных скважин, причем на одну откачную должно приходиться две-три или более закачных. В некоторых случаях при геологически сложных условиях рудных зон и вмещающих их пород бурятся дополнительные специальные скважины, служащие для управления подземным потоком путем создания гидрозавес. Иногда одни и те же скважины попеременно могут использоваться вначале как закачные, а потом как откачные.

**10.6** Диаметр закачных, как и откачных скважин должен быть не менее 146 мм. Все скважины обсаживаются трубами и снабжаются фильтрами, располагаемыми в зоне развития оруденения. Откачные скважины оборудуются водоподъемными устройствами (насосы или эрлифты). В закачные скважины растворы чаще всего подаются самоналивом. Расстояние между скважинами (плотность эксплуатационных сетей) должна составлять 15-50 м.

**10.7** Время выщелачивания очередной панели зависит от ряда факторов, но является достаточно большим (но не превышающим 1-3 года). Выщелачивание продолжают до тех пор, пока концентрация урана в откачных растворах не снизится до экономически допустимого минимума.

Эффективность процесса подземного выщелачивания должна оцениваться по удельному расходу метража бурения на квадратный метр площади пласта, так как затраты на бурение составляют 20-50% общих затрат; чем выше глубина залегания пласта и ниже его проницаемость, тем выше удельный расход бурения из-за увеличения плотности эксплуатационных сетей; концентрации урана в рабочих растворах и величины отношения жидкого к твердому (Ж:Т), определяющей количество растворов, которое необходимо прокачать через единицу рудоносной массы пород для обеспечения заданного извлечения металла; удельному расходу реагента и степени извлечения урана из недр.

**10.8** По степени изученности месторождения (и их участки) относятся к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями [4]. Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных - подготовленность месторождения к разработке.

На оцененных месторождениях урановых руд должна быть определена их промышленная ценность, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности последующей отработки.

**10.9** Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения [22].

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются главным образом, по категории С<sub>2</sub> и, частично, С<sub>1</sub>, редко по В.

При этом, доизучение и уточнение всех особенностей рудных тел и окорудных изменений должно быть выполнено в соответствии с рекомендациями, изложенными в положениях, инструкциях и других разработках [23] – [33].

**10.10** Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) должна осуществляться ОПР, которая проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3-х лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами и службами по экологическому и атомному надзору. Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР необходимо также для уточнения особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и инженерно-геологических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения), решение которых возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

**10.11** На месторождениях эксплуатационная разведка полезных ископаемых должна обеспечивать оценку качества и количества запасов, изучение их технологических свойств, гидрогеологических и горнотехнических условий разработки, с полнотой, достаточной для обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также для проектирования строительства горнодобывающего производства.

Детально разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;

вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены, с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных для проектирования рациональной технологии их переработки, при извлечении всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, а также определения направления использования отходов производства, оптимального варианта их складирования или захоронения;

на месторождениях, разведываемых для СПВ, натурные геотехнологические испытания выполняются по полной схеме, с переработкой растворов и получением готовой продукции;

запасы других, совместно залегающих, полезных ископаемых, включая породы вскрыши и подземные воды, с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;

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

достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяется

в каждом конкретном случае, в зависимости от геологических особенностей месторождений;

рассмотрено возможное влияние отработки запасов месторождения на ОС и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов, а необходимые для этого затраты учтены при расчете параметров кондиций;

подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

**10.12** Рациональное соотношение запасов различных категорий на разведанных месторождениях устанавливается недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска в соответствии с [5]. Недропользователь также оценивает возможность полного или частичного использования запасов категории  $C_2$  при проектировании отработки. Эта оценка рассматривается в процессе государственной экспертизы подсчета запасов, по результатам которой может быть принято и оформлено соответствующее разрешение. Определяющими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них урановой минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа в других странах. Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при утверждении запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

**Приложение А  
(рекомендуемое)**

**Параметры, определяющие целесообразность  
применения подземного выщелачивания**

Таблица А.1

Параметр	Значение параметра	
	оптимальное	критическое
Глубина залегания, м	до 300	600-700
Коэффициент фильтрации, м/сут	5	1
Концентрация урана в растворах, мг/л	50	20
Величина Ж:Т	5	10
Удельный расход реагента, кг/кг	50	250
Степень извлечения урана из руд, %	80	50

**Приложение Б**  
**(рекомендуемое)**

**Показатели сложности геологического строения  
месторождений твердых полезных ископаемых**

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

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

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

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (Б.1)$$

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

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_e + N_z} \quad (Б.2)$$

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

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \times 100 \quad (Б.3)$$

$$V_c = \frac{S_c}{C_{cp}} \times 100 \quad (Б.4)$$

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

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

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



**Приложение В  
(обязательное)**

**Таблица коэффициентов токсичности (литотоксичности) Тл элементов по геохимическим группам**

Таблица В.1

Класс опасности *	Тл	Элементы					
		халькофильные	литохалькофильные	литофильные	сидеролитофильные	сидерофильные	халько-сидерофильные
Супертоксичные	15	Hg, Cd, Tl	Sr	Be, U, Ra, Rn, Cs, J, Pu, Po, Am	--	--	Ru
Высокоопасные (I класс)	10	Pb, Se, Te, As, Sb	B, F, Th	--	V, Cr, Ru	Co, Ni	
Опасные (II- III класс)	5	Cu, Zn, S, Bi, Ag	Ba, Mo, Jn, Ge, Sr	W, Al, Li, N, Mn, Cs, Cl, Sc, Y, P	C	Os	Pl
Общетоксичные (IV класс)	1			Nb, La, Zr, Ti, Na, K, Ta, Rb, Ca, Si, Mg	Fe, Ti	Jr	Rh, Pd
Коэффициент токсичности (литотоксичности) приведен в соответствии с [32]							
* Класс опасности определен в соответствии с [7]							

**Приложение Г  
(обязательное)**

**Предельные количества ядерных материалов, учитываемые в системе государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов**

**Таблица Г.1**

№№ п/п	Ядерный материал	Предельное количество, граммов
1	Уран-233 (U-233)	15
2	Уран с обогащением по изотопу U-235 более природного	15 по изотопу U-235
3	Совокупность ядерных материалов	15 по сумме масс U-233, U-235, торий, тритий
4	Уран с содержанием изотопа U-235 не более 0,72%	500 000
5	Торий	500 000
6	Тритий	0,2

## Библиография

1. Кодекс Республики Беларусь о недрах от 14 июля 2008 г. №406-З
2. Горная энциклопедия. Москва, 1984-1991
3. Геологический словарь. Санкт-Петербург, 2010
4. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 25.01.2002 № 2
5. Инструкция о проведении геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые по этапам и стадиям.  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.05.2007 № 52
6. Инструкция о порядке комплексного изучения месторождений и подсчета запасов попутных полезных ископаемых и компонентов.  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.05.2007 № 51
7. Минеральное сырьё. Уран. Справочник № 85. Геоинформарк. Москва, 1997
8. Методические рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Радиоактивные металлы. Москва, 2007
9. Степанов В.А. Перспективы выявления месторождений урана в Беларуси. Минск, ГП «БелГЕО», 2009
10. Требования к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений. Москва, ГКЗ, 1993
11. Требования к товарным рудам и концентратам различного назначения. Справочник. Технологическая оценка минерального сырья. Часть 1. ВИЭМС, 1997
12. Технологические испытания урановых руд. Методические указания. Справочник № 61. Москва, ВИЭМС, 1992
13. Водный кодекс Республики Беларусь от 5 июля 1998 г. № 191-з
14. Методическое руководство по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке. ВСЕГИНГЕО. Москва, 2002
15. Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений. Методические рекомендации. ВСЕГИНГЕО. Москва, 2002
16. Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» от 5 января .1998 г. № 122-З
17. Санитарные правила и нормы 2.6.1.8-8-2002. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002).  
Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 22.02.2002 № 6
18. Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Безопасность при обращении с источниками ионизирующего излучения. Общие положения».  
Утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 31.05.2010 № 22
19. Положение о порядке составления и утверждения государственных балансов запасов полезных ископаемых и геотермальных ресурсов недр.  
Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.03. 2009 № 392

20. Инструкция об установлении критериев оценки качества и эффективности геологоразведочных работ и геологических отчетов с подсчетом запасов полезных ископаемых и (или) геотермальных ресурсов недр.  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14.05.2007 № 56
21. Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в Республиканскую комиссию по запасам полезных ископаемых технико-экономических обоснований кондиций полезных ископаемых и (или) геотермальных ресурсов недр.  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.05.2007 № 48
22. Положение о порядке проведения геолого-экономической и стоимостной оценок месторождения по видам полезных ископаемых и (или) геотермальных ресурсов недр.  
Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2008 № 2045
23. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горнодобывающих предприятий. ИМГРЭ. Москва, 1986
24. Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения. ИМГРЭ. Москва, 1992
25. Методические указания к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырьё. Москва, ГКЗ, 1995
26. Скворцов А.И., Смирнов И.П. Технология извлечения редких и радиоактивных металлов, исключающая загрязнение природной среды. Атомная энергия, № 71, Москва, 1991
27. Положение о порядке государственной регистрации источников ионизирующего излучения и ведения единой государственной системы учета и контроля источников ионизирующего излучения.  
Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.04.2009 № 562
28. Инструкция по отбору, документированию, обработке, хранению, сокращению и ликвидации керн скважин колонкового разведочного бурения.  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14.06.2006 № 38
29. Инструкция о порядке составления отчетов о геологическом изучении недр.  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14.05.2007 № 58
30. Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в Республиканскую комиссию по запасам полезных ископаемых Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь материалов по подсчету запасов твердых полезных ископаемых.  
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.05.2007 № 50
31. Охрана атмосферного воздуха. Часть 1. Выделения вредных веществ. Химия. Москва. 1993
32. Прокофьев А.П. Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. Недра. Москва. 1973
33. Орлов В.П. Геологическое прогнозирование. Недра. Москва. 1991