

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых

Фосфатные руды

Москва, 2007

Разработаны Федеральным государственным учреждением «Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых» (ФГУ «ГКЗ») за счет средств федерального бюджета по заказу Министерства природных ресурсов Российской Федерации за счет средств федерального бюджета.

Рекомендованы к использованию протоколом МПР России от 03.04.2007 № 11-17/0044-пр, утвержденным Заместителем Министра природных ресурсов Российской Федерации А.И. Варламовым.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Фосфатные руды.

Предназначены для работников предприятий и организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере недропользования, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. Применение

настоящих Методических рекомендаций обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решений о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых.

I. Общие сведения

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям фосфатных руд (далее – Методические рекомендации) разработаны в соответствии с Положением о Министерстве природных ресурсов Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 22 июля 2004 г. № 370 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 31, ст.3260; 2004, №32, ст.3347, 2005, № 52 (Зч.), ст. 5759; 2006, № 52 (Зч.), ст.5597), Положением о Федеральном агентстве по недропользованию, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 293 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 26, ст. 2669; 2006, №25, ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 07.03.1997 г. № 40, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям фосфатных руд.

2. Ф о с ф о р относится к числу широко распространенных элементов. Кларк его в земной коре – 0,093 %. В свободном виде в природе не встречается. Основным источником фосфорсодержащего сырья являются апатитовые и фосфоритовые руды. Более 90 % всего добываемого фосфатного сырья употребляется для выработки минеральных удобрений. Соединения фосфора используются также в химической промышленности, медицине, металлургии и других отраслях народного хозяйства.

3. В природе наибольшее распространение получили ортофосфаты, образующие самостоятельные минералы или изоморфные примеси в алюмосиликатах. Среди фосфорсодержащих минералов практическое значение имеют основные ортофосфаты кальция группы апатита с общей формулой $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$.

Апатит как аксессуарный минерал встречается во всех интрузивных, многих метаморфических, осадочных и даже эффузивных породах. В апатитовых и фосфоритовых рудах он является основным фосфорсодержащим минералом. В апатитовых рудах он обычно ассоциирует с нефелином, эгирином, диопсидом, ильменитом, сфеном, а также с карбонатами и другими эндогенными минералами. В фосфоритовых рудах, являющихся осадочными горными породами (глинистыми, песчаными, карбонатными и др.), состоящими на 1/3 и более из фосфатов кальция (12 % P_2O_5 и более). Присутствуют кварц, халцедон, опал, кальцит, доломит, глауконит и другие минералы. Установлено пять основных разновидностей апатита, слагающих промышленные руды: фторапатит – $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$; франколит – $Ca_{10}P_5,2C_0,8O_{23,2}F_{1,8}(OH)$; курсит – $Ca_{10}P_4,8C_{1,2}O_{22,8}F_2(OH)_{1,2}$; гидроксилapatит $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$; карбонатапатит – $Ca_{10}P_6CO_{23}(OH)_3$.

Для фосфатных минералов характерен широкий диапазон замещения всех компонентов. Фосфор замещается углеродом, стронцием, серой, кремнием; фтор – гидроксидом; кальций – натрием, стронцием и алюминием. Возможны и другие замещения, а также обогащение элементами-примесями: U, TR, Sr, реже V, Ti, Zr, Au, B, Li, Pb, As, Ag, Mo, Ni, Co, Se. Уран в фосфоритах входит в кристаллическую решетку апатитовых минералов. Содержание его от 0,0001 до 0,052 %. Редкие земли (иттрий и церий) и стронций постоянно присутствуют в морских фосфоритах в количестве соответственно 0,06–0,10 и 0,02–0,36 %.

4. Месторождения фосфатных руд по условиям их образования подразделяются на магматические, карбонатитовые, контактово-метасоматические, осадочные, метаморфогенные и кор выветривания. В России промышленное значение имеют следующие типы месторождений (табл. 1).

Таблица 1

Промышленные и потенциально-промышленные типы месторождений*
и промышленные (технологические) типы фосфатных руд

Генетический тип месторождений	Рудно-формационный тип месторождений	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание P_2O_5 , %	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6
Магматический	Пласто- и линзообразный в сиенит-диоритах	Апатитовый	3,5–5	Агрохимический фосфатный (сортировочный, флотационный)	Ошурковское, Уктусское
	Пластово-залежный в йолитах – урритах	Нефелин-apatитовый	4–18	То же	Хибинская группа
	Линзо- и пластообразный в ультрабазитовых комплексах	Ильменит-титаномагнетит-apatитовый	3,5–6	Агрохимический титан-железо-фосфатный (флотационный)	Кручининское, Джугджурская группа
Карбонатитовый	Трубообразно-залежный и штокерковый в массивах ультраосновных щелочных пород и карбонатитов	Фосфоритовый (магнетит-apatитовый и вермикулит-apatитовый)	3,5–8	Агрохимический циркон-железо-фосфатный (магнитно-флотационный)	Ковдорское, Большое Саянское

1	2	3	4	5	6
		Нельсонитовый (магнетит-апатитовый) и фенитовый (эгирин-апатитовый)	3,5–8	Агрохимический железо-фосфатный (магнитно-флотационный)	Маймеча-Котуйская группа
		Пирохлор-апатитовый	3,5–15	Агрохимический ниобий-фосфатный (гравитационно-флотационный)	Белозиминское
Осадочный (морской)	Геосинклинальный пластовый в кремнисто-карбонатных породах	Фосфоритовый (микрозернистый)	18–30	Агрохимический фосфатный (флотационно-гравитационный)	Кара-Тау (Казахстан), Белкинское, Сейбинское, Харанурское
		Фосфоритовый (зернистый)	17–32	То же	Джерой-Сардаринское (Узбекистан)
	Платформенный пластовый в песчано-карбонатных породах	Фосфоритовый (ракушечный)	3–20	„	Кингисеппское
		Фосфоритовый (желваковый)	12–13	Агрохимический фосфатный (промывочный, флотационно-гравитационный)	Егорьевское, Вятско-Камское
		Фосфоритовый (песчано-зернистый)	5–14	Агрохимический фосфатный (флотационно-гравитационный)	Унечское
Метаморфогенный	Пластово-залежный в мраморах	Фосфоритовый	5–24	Агрохимический фосфатный (флотационный)	Слюдянское, Чулак-Тау (Казахстан)
Остаточно-инфильтрационный (выветривания)	Плащеобразные залежи на карбонатно-терригенных и изверженных породах	Фосфоритовый, апатит-франколитовый	11–22	Агрохимический фосфатный (флотационно-гравитационный)	Телекское, Ашинское, Обладжанское, Уха-Гольское, Ковдорское

* Комплексные месторождения, где апатит извлекается попутно, в таблицу не включены.

Магматические месторождения представлены апатитовыми рудами. Они подразделяются на апатит-нефелиновые, апатитовые и комплексные апатитсодержащие.

Нефелин-апатитовые месторождения Хибинской группы (Кукисвумчорр, Юкспор, Апатитовый цирк, Плато Расвумчорр) связаны с центральными интрузиями нефелиновых сиенитов. Для этих месторождений характерна значительная протяженность рудных зон по простиранию (2–4 км) и падению (1–2 км), большая и относительно выдержанная мощность (100–200 м) рудных тел, их зональное строение, обусловленное различием текстуры руд и содержанием в них P_2O_5 , меняющимся от 29 % в богатых пятнистых и пятнисто-полосчатых рудах до 5 % в бедных рудах других текстурных разновидностей. Более сложное внутреннее строение рудных тел установлено на месторождениях Коашвинское, Олений Ручей, Ньюоркпахское, характеризующихся наличием многоярусных рудных горизонтов и изменчивой морфологией. В нефелин-апатитовых рудах практический интерес могут представлять редкие земли, стронций, фтор в апатите; титан, ниобий, тантал в сфене; а также титаномагнетит и эгирин.

Апатитовые месторождения (Ошурковское, Уктусское) сложены массивами диоритов, сиенитов, метасоматитов и других пород, содержащих рассеянную вкрапленность апатита. Сравнительно низкие содержания P_2O_5 и относительно небольшие размеры обогащенных участков обуславливают их небольшую промышленную ценность; однако при благоприятных географо-экономических и горнотехнических условиях и достаточно крупных запасах легкообогатимых руд месторождения этого типа могут иметь промышленное значение.

Комплексные месторождения представлены апатит-нефелин-редкометалльными (Ловозерский массив), апатит-магнетитовыми (Кируна в Швеции), апатит-титаномагнетитовыми (Волковское) и апатит-титаномагнетит-ильменитовыми (Кручининское) рудами. Несмотря на относительно низкое среднее содержание (3–5 %) и неравномерное распределение P_2O_5 , возможность ведения добычи в больших масштабах позволяет экономически выгодно попутно извлекать из них апатит.

Карбонатитовые месторождения сложены апатит-флогопитовыми (Маймеча-Котуйская провинция), апатит-магнетитовыми (Ковдорское), апатит-редкометалльно-магнетитовыми (Палабора в ЮАР) и апатит-редкометалльными (Белозиминское) рудами. Содержание апатита в рудах изменчивое и в среднем невысокое (5–10 %). Тела имеют форму гнезд, штоков, жил, труб. Руды труднообогатимы, однако при значительных запасах и при положительном решении технологии обогащения и переработки месторождения этого типа представляют значительный практический интерес.

Метаморфогенные месторождения апатитовых руд образовались в результате регионального и контактового метаморфизма фосфоритов. Вследствие этого они обычно имеют форму пластов и пластовых залежей мощностью от 1 до 15 м; иногда апатитовые руды переходят по простиранию в слабометаморфизованные фосфориты. Распределение апатита обычно неравномерное. Среднее содержание P_2O_5 колеблется в значительных пределах (5,4 % на Слюдянском месторождении, 20–24 % на месторождении Чулак-Тау (Казахстан)).

Месторождения кор выветривания образуются путем обогащения вмещающих фосфатное вещество пород за счет выщелачивания известняков, доломитов и мергелей. Эти месторождения связаны чаще всего с апатитоносными карбонатитовыми массивами, но могут образовываться и при выветривании месторождений других типов (Лаокайский апатитоносный бассейн во Вьетнаме на метаморфогенных месторождениях). Мощности залежей колеблются от 10 до 30 м, содержание P_2O_5 – от 4 до 14 %.

Иногда в процессе выветривания по апатиту развивается франколит с образованием богатых апатит-франколитовых руд (Ковдорское).

Осадочные месторождения представлены фосфоритовыми рудами. Они распространены в геосинклинальных (зернистые и микрозернистые) и в платформенных областях (желваковые и ракушечные).

Месторождения зернистых фосфоритовых руд в мировом балансе фосфатного сырья составляют больше половины его ресурсов. Крупнейшей провинцией зернистых фосфоритов является Аравийско-Африканская с запасами более 5100 млн. т P_2O_5 , заключенными в месторождениях Западной Сахары, Марокко, Алжира, Сирии, Ирака, Египта, Туниса и других стран. Фосфориты залегают преимущественно в отложениях мергелей, органогенных известняков, кремней, доломитов, глин и гипсов, относящихся к мелководным морским фациям позднемелового, палеоценового, эоценового и миоценового возраста. Мощности пластов фосфоритовых руд составляют от 1,5 до 12 м, нередко в сближенных горизонтах – до 40 м; пласты фосфоритов сложены фосфатными зернами (оолиты, псевдооолиты, пеллеты, биоморфозы) алевроитовой, песчаной и гравийной разновидностей, в различной степени цементированными карбонатным или кремнистым материалом. В большинстве случаев руды рыхлые или легко дезинтегрируются в воде, что позволяет простым обогащением получать кондиционные концентраты. Содержание P_2O_5 в фосфатных зернах – от 24 до 36 %, в рудах – от 17 до 32 %. Содержание костного детрита рыб в фосфоритах достигает 20 %.

В странах СНГ к типу зернистых фосфоритов отнесены месторождения Среднеазиатского фосфоритоносного бассейна в Центрально-Кызылкумском и Сырдарьинском районах. Они сложены карбонатно-фосфатными и реже монофосфатными псевдоморфозами выполнения и замещения по фораминиферам, птероподам, копролитам и пеллециподам (биоморфные зерна).

Особое положение занимают **песчано-зернистые фосфориты** Унечского месторождения, выявленные в 1980-е годы в Брянской области и смежных районах Украины. Элементы геологического строения их имеют сходство частично с зернистыми, частично с галечниковыми фосфоритами. Эти месторождения являются комплексными титан-цирконий-фосфатными россыпями.

Месторождения микрозернистых фосфоритов имеют значительное развитие в США (бассейн Скалистых гор), КНР (бассейн Янцзы), Монголии (Хубсугульский бассейн), Австралии (бассейн Джорджина), Индии (шт. Раджастан и Удайпур), Казахстане (Каратауский бассейн). В России они представлены Уха-Гольским и Харанурским месторождениями в Восточном Саяне (Бурятия, на продолжении Хубсугульского бассейна), а также Белкинским, Сейбинским и другими в Алтае-Саянском регионе.

Фосфоритовые руды микрозернистого и афанитового типов обычно слагают один-шесть продуктивных пластов мощностью 0,5–25 м, залегающих среди доломитов, известняков, фосфато-кремнистых и кварцево-сланцев, органогенных кремнистых пород (радиоляриты, слонгалиты и др.). Фосфат кальция в рудах месторождений кремнисто-карбонатной и карбонатной формаций может обособлен по размеру: в виде монофосфорных оолитов и пеллет размером 0,01–1,0 мм, монофосфатных слойков мощностью от 1 мм до 1 см, а также псевдоморфоз по продуктам жизнедеятельности водорослей (строматолитов, онколитов). Среднее содержание P_2O_5 в рудах колеблется от 14 до 24 %.

Платформенные желваковые (конкреционные) фосфориты (месторождения: Егорьевское в Московской области, Полпинское в Брянской области, Вятско-Камское в Кировской области) представляют собой конкреционные стяжения фосфоритов в песчано-глинистых породах, которые могут быть плотно цементированы с вмещающей породой («фосфоритная плита»). Содержание P_2O_5 в желваках 15–26 %, в залежах обычно 6–10 % (в некоторых месторождениях до 16 %), мощность фосфоритовых пластов 0,5–1,2 м. В большинстве месторождений этого типа основное количество фосфора входит во фракции руды крупностью более 0,5 мм. Обычно 30–40 % фосфатного вещества находится в лимонно-растворимой форме, что обуславливает его хорошую усвояемость растениями.

Ракушечные фосфориты – скопление фосфатных ракушек, заключенных в песке или песчанике. Мощность продуктивного пласта от 1 до 14 м, содержание P_2O_5 от 3 до 20 %, по минеральному составу руды относятся к кварцевым. Основное развитие ракушечные фосфориты получили в Прибалтийском бассейне, в Эстонии (месторождения Маарду, Тоолсе, Раквере-Кабала) и Ленинградской области (Кингисеппское).

Месторождения остаточного типа (коры выветривания) образуются главным образом на древних в различной степени фосфоритоносных карбонатных и кремнисто-карбонатных формациях. Глубина залегания вторичных фосфоритов колеблется от 0,5 до 15 м от поверхности (месторождения Ашинское, Обладжанское, Сейбинское и др.). Мощности содержащих фосфориты зон выветривания с обломками материнских пород достигают нескольких десятков метров и крайне не выдержаны. Фосфориты представлены в основном рыхлой массой в виде сложно построенных залежей в карстовых углублениях карбонатных отложений на контакте их с терригенными или изверженными породами. Среди них различают землистые, глинистые и каменные разновидности с содержанием P_2O_5 от нескольких процентов до 30 %. Основной разновидностью фосфатного минерала является карбонатгидроксилфторапатит – $9Ca(PO_4)_2CaF_2 \cdot Ca(OH)_2CaCO_3$.

5. Апатитовые и фосфоритовые руды рекомендуется рассматривать как комплексное сырье. Помимо собственно фосфора, они могут служить сырьем для получения фтора, стронция, редких земель, титана, ниобия, тантала и других элементов и соединений.

II. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

6. Главными факторами, определяющими методику разведки месторождений, являются форма и размеры рудных тел, условия их залегания, сложность внутреннего строения и характер распределения полезных компонентов. По сложности геологического строения месторождения апатитовых и фосфоритовых руд соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 07.03.1997 г. № 40.

К 1-й группе относятся месторождения апатитовых руд, сложенные крупными пласто- и линзообразными залежами с выдержанной мощностью, равномерным распределением апатита (Плато Расвумчорр, Юкспор, Кукисвумчорр, Ошурковское), а также месторождения фосфоритовых руд с протяженными горизонтально или полого залегающими пластами (залежами) выдержанной мощности и с относительно устойчивым качеством руд (большая часть желваковых фосфоритов – Вятско-Камское, Полпинское, Егорьевское; ракушечных – Кингисеппское). В эту группу входят месторождения зернистых и галечниково-зернистых месторождений фосфоритов многих стран Азии, Африки и Америки.

Ко 2-й группе относится абсолютное большинство месторождений апатитовых руд, представленных сложными по форме залежами (пласто-, трубо- и линзообразные рудные горизонты и слои) невыдержанной

мощности и с неравномерным распределением апатита (Коашвинское, Олений Ручей, Ньюоркпахское, Селигдарское), а также месторождения фосфоритовых руд с крутопадающими крупными пласто- и линзообразными залежами и пластами, осложненными тектоническими нарушениями, с неустойчивым качеством руд (Уха-Гольское, Харанурское; Хубсугульское и Барунханское в Монголии).

К **3-й группе** относятся месторождения обычно небольших размеров желваковых фосфоритов и руд кор выветривания, представленные залежами сложных неправильных форм с весьма изменчивой мощностью и невыдержанным качеством руд (Ковдорское и Белозиминское). Нередко они локализованы в карстовых воронках (Сейбинское, Обладжанское, Ашинское и др.). Характерной особенностью данных месторождений являются довольно высокие содержания лимонно-растворимой P_2O_5 .

7. Принадлежность месторождений к той или иной группе сложности определяется исходя из характера геологического строения основных рудных тел, заключающих в себе не менее 70 % общих запасов.

8. С целью более объективного отнесения месторождений к соответствующей группе сложности геологического строения могут использоваться и количественные показатели изменчивости основных свойств оруденения: коэффициент вариации мощности рудных тел и содержаний в них полезных компонентов, показатель сложности строения рудных тел (см. приложение).

III. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

9. По разведанному месторождению рекомендуется иметь топографическую основу, масштаб которой соответствует его размерам и особенностям геологического строения. Топографические карты и планы на месторождениях апатитовых и фосфоритовых руд обычно составляются в масштабах 1:2000–1:5000, а для крупных по площади месторождений – 1:10 000. На месторождениях, небольших по площади или с сильно пересеченным рельефом, масштаб топографической основы должен быть не мельче 1:500–1:1000.

Все разведочные и эксплуатационные выработки (скважины, каналы, шурфы, траншеи, шахты, штольни и др.), профили детальных геофизических исследований, а также естественные обнажения апатитовых и фосфоритовых руд подлежат инструментальной привязке. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Для скважин вычисляются координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и строятся проложения их стволов на плоскости планов и разрезов. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные погоризонтные планы – не мельче 1:1000.

10. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отражено на геологической карте масштаба 1:2000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности строения), детальных геологических разрезах, погоризонтных планах, вертикальных (горизонтальных) проекциях.

Необходимо, чтобы геологические и геофизические материалы по месторождению давали представление о форме, условиях залегания, размерах, внутреннем строении и характере выклинивания рудных тел, их взаимоотношениях с литолого-петрографическими комплексами вмещающих пород, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями, об особенностях строения кровли и подошвы в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов и оценки ресурсов. Эти материалы должны отражать также размещение различных типов руд, строение кровли и подошвы рудных тел, изменение по простиранию и падению мощности, содержаний P_2O_5 и вредных примесей. Рекомендуется обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

11. Выходы на поверхность и приповерхностные части месторождения рекомендуется изучать с детальностью, позволяющей установить мощность и состав покровных отложений, положение выходов рудных тел, контуры зон размывов, глубину развития зоны выветривания, степень выветрелости и изменения вещественного состава и технологических свойств руд. Определяется наличие и степень проявления карста, тектонических нарушений и их характер. Для этой цели, помимо естественных обнажений, используются расчистки, каналы, шурфы и мелкие скважины, а также наземные методы геофизических исследований.

12. Разведка месторождений апатитовых и фосфоритовых руд на глубину проводится в основном скважинами колонкового бурения с использованием методов скважинной (каротаж) и наземной геофизики, а при небольшой глубине залегания рудных тел – скважинами в сочетании с поверхностными горными выработками.

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

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

13. Разведочные скважины проходятся на всю мощность апатитовой или фосфоритовой залежи и углубляются в подстилающие породы в зависимости от геологических факторов. В тех случаях, когда имеются предпосылки выявления в подстилающих породах других горизонтов фосфатоносных пород, небольшая часть разведочных скважин должна пересекать полный разрез этих пород. При разведке крутопадающих тел для получения их пересечений под большими углами применяют наклонное бурение, искусственное искривление скважин и бурение многозабойных скважин.

По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимально возможный выход керна хорошей сохранности, позволяющий выяснить особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощность, внутреннее строение рудных тел, распределение природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна по рудному телу должен быть не менее 80 % по каждому рейсу бурения. Достоверность линейного выхода керна рекомендуется систематически контролировать другими способами – весовым, объемным.

Представительность керна для определения содержаний P_2O_5 и мощностей рудных интервалов подтверждается исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным

типам руд сопоставить результаты опробования керна (при необходимости и шлама) по интервалам с его различным выходом. При более высоком содержании P_2O_5 в низких классах выхода керна рекомендуется пройти контрольные скважины ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковые скважины, пробуренных с применением съемных керноприемников. При установленном избирательном истирании керна и (или) низком его выходе принимаются меры по повышению его выхода путем использования буровых снарядов с призабойной циркуляцией промывочной жидкости, эжекторных снарядов и др. При невозможности устранения избирательного истирания керна в достаточном объеме проводятся контрольные горные выработки и обосновывается величина поправочного коэффициента к результатам опробования керновых проб. Возможно также использование результата геофизического опробования скважин, достоверность которого подтверждена в установленном порядке.

Диаметр скважин принимается по аналогии с разведанными месторождениями, руды которых сходны с данными по физико-техническим свойствам и текстурно-структурным особенностям. На месторождениях фосфоритов желвакового типа, в которых основная доля фосфора сосредоточена в желваках размером 5 см в поперечнике и более, диаметр скважин должен быть не менее 168 мм. Допускается использование скважин меньшего диаметра при условии применения нейтронно-активационного и гамма-каротажа для определения содержания P_2O_5 и подтверждения достоверности ядерно-физических методов. В таком случае скважины большого диаметра бурятся в количестве, необходимом для контроля данных геофизического опробования и отбора технологических проб. При разведке рудных тел, сложенных рыхлыми разновидностями руд, рекомендуется применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т.п.).

Для повышения достоверности и информативности данных бурения рекомендуется использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, выполняется во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м определяются и подтверждаются контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений учитываются при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

14. Горные выработки на месторождениях с относительно выдержанными мощностями и внутренним строением рудных тел при сравнительно равномерном распределении P_2O_5 проходятся в основном для контроля данных бурения (при наличии избирательного истирания), изучения приповерхностных частей месторождения (участка) и отбора технологических проб. При использовании подземных горных выработок в качестве контрольных для кернового опробования на участках их проходки сначала ведется бурение скважин (вертикальных и горизонтальных), а затем вдоль стволов проходятся выработки, в которых опробование производится бороздами большого сечения или валовым способом. Проходка шурфов при разведке горизонтально и полого залегающих пластовых и линзообразных залежей желваковых и ракушечных фосфоритов может быть заменена бурением скважин большого диаметра (168 мм и более).

На месторождениях сложного строения с высокой изменчивостью морфологии, внутреннего строения рудных тел, а также характера оруденения помимо бурения основным средством разведки являются горные выработки, которыми вскрываются основные рудные тела на представительных участках. Основной их целью является установление характера пространственной изменчивости оруденения (сплошности, прерывистости рудных тел, закономерности распределения полезных компонентов, вредных примесей), а также выявление природных типов и разновидностей руд.

15. Виды разведочных выработок, их расположение и расстояния между ними определяются в каждом отдельном случае с учетом геологических особенностей месторождения: условий залегания, морфологии и размеров рудных тел, изменчивости их мощности, характера распределения отдельных типов руд и возможностей геофизических методов, а также предполагаемого способа отработки месторождения.

При сложной тектонике, наличии размывов определяются характер, пространственное положение и амплитуды разрывных нарушений, оконтурены зоны размывов и т. д.

Приведенные в табл. 2 обобщенные данные о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений апатитовых и фосфоритовых руд, могут быть использованы при проектировании геологоразведочных работ. Для каждого месторождения на основании изучения особенностей геологического строения на участках детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

Таблица 2

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений фосфатных руд

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Вид выработок	Расстояние между выработками (м) для категорий запасов		
			A	B	C ₁
1	2	3	4	5	6
1-я	Горизонтально и полого залегающие пласты или залежи выдержанной мощности с относительно устойчивым качеством руд	Скважины	100–200 –	200–400 –	400–800 –
	Крутопадающие пластовые, пластообразные и крупные линзообразные залежи с относительно устойчивыми мощностью и качеством руд	То же	100–200 50–100	200–400 100–150	400–800 150–200
2-я	Сложные по форме залежи изменчивой мощности с невыдержанным качеством руд	”	–	75–150 50–75	150–300 75–100

1	2	3	4	5	6
	Крутопадающие пластовые, пластообразные и крупные линзообразные залежи с изменчивыми мощностью и качеством руд	”	–	75–150 50–75	150–300 75–100
	Массивы изверженных пород с неравномерной вкрапленностью апатита	”	–	100–200 –	200–400 –
3-я	Сложные по форме линзообразные и куполообразные залежи малых размеров желваковых, кор выветривания и «карстовых» фосфоритов	Скважины и горные выработки	–	–	50–100 25–50

Примечания:

- При разведке желваковых фосфоритов с целью отбора представительных проб обязательна проходка горных выработок или скважин большого диаметра (168 мм и более) в сочетании со скважинами обычного диаметра.
- На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

16. Для подтверждения достоверности параметров подсчета запасов отдельные участки месторождений разведываются более детально. Эти участки изучаются и опробовываются по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На месторождениях 1-й группы запасы на таких участках или горизонтах разведываются по категориям А и В, 2-й группы – по категории В. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

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

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, детально изучаются также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом конкретном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, установления соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, оценки результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

17. Рациональный комплекс наземных геофизических исследований, включая ГИС, используется для прослеживания и оконтуривания рудных тел по площади и на глубину, выявления слепых рудных тел, а также для определения мощности кор выветривания и перекрывающих их отложений, расчленения геологического разреза, определения содержаний Р₂О₅, изучения гидрогеологических и горно-геологических условий месторождения. В случаях газопроявлений рекомендуется в комплекс ГИС включать газовый каротаж.

Для фосфоритовых руд большинства месторождений отмечается прямая корреляционная связь между содержанием Р₂О₅ и радиоактивностью, что обеспечивает эффективность применения радиометрических методов опробования и каротажа. Высокой эффективностью обладают также нейтронно-активационные методы, основанные на тесной, почти линейной связи содержаний Р и F (коэффициент корреляции до 0,98). Ядерно-физические методы каротажа, наиболее эффективные для конкретного месторождения, используются для изучения всех скважин.

Достоверность данных каротажа, скважинной и шахтно-рудничной геофизики рекомендуется подтверждать их сопоставлением с результатами документации и геологического опробования горных выработок или скважин с высоким выходом керна. Причины значительных расхождений между геологическими и геофизическими данными необходимо установить и изложить в отчете.

18. Все разведочные и эксплуатационные выработки, обнажения рудных тел документируются. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием. Полнота и качество первичной документации, ее соответствие геологическим особенностям месторождения, правильность определения структурных элементов в кернах и забоях, составления зарисовок и их описания систематически контролируются сличением с натурой специально назначенными комиссиями.

19. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов опробуются все разведочные и эксплуатационные выработки, вскрывшие оруденение, а также обнажения. Выбор методов и способов опробования производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения. Они должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их рекомендуется сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологических, геофизических) и способов (керновый, шламовый, бороздовый, валовый) опробования, определении качества отбора и обработки проб и оценке достоверности полученных результатов рекомендуется руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами.

20. Опробование разведочных сечений производится с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование необходимо проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в

соответствии с требованиями кондиций в промышленный контур; в канавах, шурфах, траншеях, кроме коренных выходов руд, опробуются и продукты их выветривания;

- природные разновидности руд и минерализованных пород опробуются отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств, а в скважинах – также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керна, так и измельченные продукты бурения; мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керна проба, обрабатываются и анализируются они отдельно;

- длина секции опробования (интервалов интерпретации каротажа) не должна превышать 1 м, в случае больших мощностей и равномерного оруденения – 2 м для изучения неравномерности (порционной контрастности) руд;

- результаты ядерно-геофизического опробования (каротажа) интерпретируются дифференциально по интервалам 5–10 см, эквивалентным размеру куска для определения контрастности руды в естественном залегании, руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами.

В скважинах на месторождениях желваковых и ракушечных фосфоритовых руд в состав пробы отбирается весь керна. На месторождениях апатитовых и микрозернистых фосфоритовых руд в пробу отбираются половинки керна, разделенного вдоль оси, а в случае малого диаметра – весь керна с сохранением образцов по секциям опробования.

В разведочных горных выработках рудные тела опробуются бороздами сечением от 5 до 10–15 см. При проявлении избирательного выкрошивания сечения борозды увеличивают, в отдельных случаях борозды заменяют задириковыми пробами. Борозды большого сечения (5–10–40 см) и задириковое опробование рекомендуется применять для отбора проб ракушечных фосфоритов, а желваковые фосфориты опробуются в горных выработках валовым способом. Обычно представительной является масса пробы 50–150 кг – в зависимости от размера желваков и характера их распределения.

Качество опробования по каждому принятому способу и по основным разновидностям руд рекомендуется систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Рекомендуется проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров рудных проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из фактического диаметра керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды). Точность керна опробования рекомендуется контролировать отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируется стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, рекомендуется производить перепробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность керна опробования по возможности заверяется опробованием сопряженных горных выработок или данными каротажа. На разрабатываемых месторождениях запасы руды и содержания полезных компонентов, рассчитанные по данным скважин, рекомендуется сопоставить с этими же показателями, определенными по горным выработкам (в пределах одних и тех же горизонтов или подсчетных блоков), а также сравнить с результатами разработки. Достоверность результатов ядерно-физических методов опробования скважин заверяется результатами керна опробования по интервалам с выходом керна более 90%. Достоверность бороздового опробования заверяется валовым опробованием или задириковыми пробами.

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.

На месторождениях фосфатных руд при соответствующем обосновании целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования. Рекомендуется, чтобы ядерно-геофизическое опробование предусматривало дифференциальную интерпретацию с определением содержания в интервалах 5–10 см и последующую обработку данных для определения контрастности руд с целью прогнозной оценки радиометрической обогатимости в соответствии с нормативно-методическими документами.

Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируются соответствующими нормативно-методическими документами.

21. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения. Правильность принятой схемы обработки проб и величина коэффициента K должны соответствовать используемым на однотипных месторождениях или подтверждаются экспериментальными работами. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Величина коэффициента K обычно находится в пределах 0,1–0,2 для апатитовых месторождений и 0,05–0,1 для фосфоритов.

Качество обработки систематически контролируется по всем операциям, при этом не допускается загрязнение материала пробы в дробилках за счет предыдущих проб и избирательный его вынос вентиляционными установками.

При разведке желваковых и ракушечных фосфоритов по пробам, отобраным из отдельных шурфов или скважин большого диаметра, характеризующих месторождение равномерно по площади, проводится изучение зернового состава выделенных на месторождении промышленных (технологических) типов и разновидностей руд. Обычно рассев производится на классы +10; –10+5; –5+0,5; –0,5 мм. Необходимость выделения других классов устанавливается исходя из специфических особенностей руд и требований, вытекающих из их назначения и способа переработки.

Крупные валовые и технологические пробы обрабатываются по самостоятельным схемам.

22. Оценка качества минерального сырья производится с учетом возможных направлений его использования в сельском хозяйстве и промышленности, в соответствии с требованиями потребителя или действующих государственных и отраслевых стандартов, технических условий и утвержденных кондиций. Химический и вещественный состав руд изучается с полнотой, обеспечивающей оценку промышленного значения основных и попутных компонентов, а также влияния вредных примесей на технологию переработки и использование сырья. Содержания всех компонентов определяются в пробах химическими, ядерно-физическими, спектральными или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Во всех рядовых пробах апатитовых и фосфоритовых руд определяется содержание P_2O_5 , а в фосфоритах – также нерастворимого остатка.

По всем пробам определяются содержание и формы нахождения предусмотренных требованиями стандартов или кондициями вредных примесей, оказывающих влияние на технологическую переработку руд и качество сырья. Перечень этих компонентов для фосфоритов зависит от их типа и намечаемого способа переработки и использования, а для апатитовых руд определяется вещественным составом (например, Al_2O_3 – в апатит-нефелиновых рудах, TiO_2 – в титаномагнетит-апатитовых рудах, Fe_2O_3 в апатит-магнетитовых рудах и т.п.). Для желваковых и ракушечных фосфоритов определение содержания полезных и вредных компонентов производится также в пробах выделенных гранулометрических классов руды.

По групповым пробам определяются содержания SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , P_2O_5 , CaO , MgO , MnO , Na_2O , K_2O , CO_2 , S (общей и сульфидной), U и потери при прокаливании. Кроме того, для апатит-нефелиновых и комплексных апатитсодержащих руд дополнительно определяются содержания BaO , SiO_2 , ZrO_2 , TR_2O_3 , Y_2O_3 , F, для фосфоритов – F, а при их использовании для производства фосфоритной муки – содержание лимонно-растворимого P_2O_5 ; по типовым и групповым пробам производится полный спектральный анализ. Групповые пробы должны характеризовать все промышленные (технологические) типы и сорта руд.

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

Изучение содержащихся в апатитовых и фосфоритовых рудах попутных компонентов выполняется в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению и подсчету запасов попутных полезных компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

Для установления баланса распределения в рудах основных и попутных компонентов, а также вредных примесей отбираются и анализируются мономинеральные пробы, концентраты и другие продукты, полученные при технологических исследованиях. Фосфатному сырью, намечаемому для производства кормовых добавок и удобрений, рекомендуется дать радиационно-гигиеническую оценку.

23. Качество аналитических работ рекомендуется систематически проверять в соответствии с отраслевыми стандартами и методическими указаниями НСАМ, НСОММИ. Геологический контроль анализов проб проводится независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

Внутренний контроль осуществляется для определения величин случайных погрешностей путем анализа зашифрованных дубликатов аналитических проб в той же лаборатории, которая выполняла основные анализы. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей осуществляется внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль.

Для систематического контроля работы основной и контрольной лабораторий используются эталонные пробы (составленные из руд месторождения) и пробы стандартных образцов состава (СОС), которые в зашифрованном виде включаются в партии анализируемых проб.

Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний из всех разновидностей руд месторождения и периодам выполнения анализов. При большом количестве анализируемых проб в году (более 2000) на контрольные анализы направляются 5 % от их общего количества, при малых партиях проб по каждому выделяемому классу содержаний выполняется не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

24. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний выполняется по периодам (квартал, полугодие, год) отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполнившей основные анализы. Оценка систематических расхождений по данным внешнего контроля и проб СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратичная погрешность, определяемая по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, приведенных в табл. 3.

25. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. 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 включают в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

Таблица 3

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов проб фосфатных руд

Компонент	Класс содержаний, %	Допустимая относительная погрешность*, %	Компонент	Класс содержаний, %	Допустимая относительная погрешность*, %
P_2O_5	30–40	1,3	Al_2O_3	>70	1,3
	20–30	2,0		50–70	1,5
	10–20	3,5		30–50	2,5
	5–10	4,0		25–30	3,5
CaO	>60	1,5	SiO_2	15–25	4,5
	40–60	2,0		10–15	5,0
	20–40	2,5		5–10	6,5
	7–20	6,0		1–5	12,0
	1–7	11,0		>50	1,3
	0,5–1	15,0		20–50	2,5
	0,2–0,5	20,0		5–20	5,5
	<0,2	30,0		1,5–5	11,0
MgO	>60	2,0	TiO_2	>15	2,5
	40–60	2,5		4–15	6,0

	20–40	3,0		1–4	8,5
	10–20	4,5		<1	17,0
	1–10	9,0	Потери при прокаливании	20–30	2,0
	0,5–1	16,0		5–20	4,0
	0,05–0,5	30,0		1–5	10,0
	<0,05	30,0		<1	25,0
* При превышении указанных пределов основные анализы конкретного класса и периода их выполнения бракуются и подлежат повторному анализу и контролю. Одновременно основной лабораторией выявляются причины брака и принимаются меры по его устранению.					

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

26. По результатам контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – оценивается погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

27. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства (в первую очередь гравитационные и магнитные) изучаются с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также их количественная оценка.

28. Определение объемной массы и влажности руд рекомендуется производить для каждой природной разновидности и внутрирудных некондиционных прослоев.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках. При большом числе проанализированных образцов целесообразно устанавливать наличие корреляционной зависимости объемной массы от содержания P_2O_5 и других компонентов.

Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется путем выемки целиков. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности рекомендуется охарактеризовать минералогически и проанализировать на основные компоненты.

29. В результате изучения химического, минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы и сорта, подлежащие разделной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные области использования.

Для окончательного выделения промышленных (технологических) типов и сортов проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от сложности геологического строения месторождения, числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд.

IV. Изучение технологических свойств руд

30. Качество фосфатного сырья определяется количеством содержащегося в нем фосфора, пересчитанного на P_2O_5 , и наличием вредных примесей, а также его обогатимостью. В природном виде фосфатное вещество растениями практически не усваивается и с этой целью подвергается переработке с применением кислот. Исключением являются некоторые виды низкосортных фосфоритных руд, перерабатываемых на фосфоритную муку (желваковые и переотложенные кор выветривания) благодаря наличию в них фосфатов, растворимых в 2%-й лимонной кислоте (до 25–30 %).

До переработки на сложные и концентрированные удобрения все виды фосфатных руд подвергаются обогащению. Требования к качеству фосфатного сырья, поставляемого в виде апатит-нефелиновой руды, товарных фосфоритов, фосфоритной муки, апатитовых и фосфоритовых концентратов, регламентируются требованиями потребителя или (при наличии) соответствующими стандартами и техническими условиями.

Более 60 % апатитового концентрата, используемого для получения удобрений, перерабатывается в полупродукт – экстракционную кислоту (ЭФК). На ее основе производят различные фосфорсодержащие удобрения. В России производят как однокомпонентные фосфорные удобрения (двойной суперфосфат, фосфоритная мука), так и комплексные (аммофос, диаммонийфосфат, диамофоска).

31. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При наличии опыта переработки руд в промышленных условиях допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ выполняется в соответствии со стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

32. Малыми технологическими пробами рекомендуется охарактеризовать все природные типы и разновидности руд и выявить пространственную изменчивость их технологических свойств. По результатам испытаний отбираются укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы – для доработки схемы обогащения и уточнения показателей переработки руд. Данные пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, текстурно-структурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного типа или месторождения в целом, с учетом возможного разубоживания при эксплуатации.

33. Проведению технологических исследований руд предшествует изучение возможности радиометрической крупнопорционной сортировки добываемой горнорудной массы в транспортных емкостях и покусковой сепарации. Предварительные прогнозные технологические показатели получают расчетным путем при обработке данных опробования или каротажа в технологических контурах эксплуатационных блоков. Устанавливаются физические признаки, которые могут быть использованы для разделения горнорудной массы, контрастность руды применительно к различным объемам порций горнорудной массы, гранулометрический состав добываемой руды, оцениваются показатели радиометрической сортировки и сепарации. При положительных результатах рекомендуется уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, уточнить параметры системы отработки, а также определить возможность получения сортов богатой руды. Для определения технологических показателей крупнопорционной сортировки и сепарации проводятся опытные горные работы с одновременным отбором укрупненных и, в случае необходимости, полупромышленных технологических проб. Качество продуктов сортировки заверяется валовым опробованием.

Дальнейшие испытания способов переработки руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд радиометрической сортировки и сепарации.

34. При исследовании обогатимости фосфатных руд определяют: химический состав, нерастворимый в 3%-й соляной кислоте остаток (кварц, глауконит, алюмосиликаты, сульфиды и др.), баланс распределения фосфорного ангидрида по основным минеральным компонентам, структурно-текстурные особенности руды, оценивают дробимость, измельчаемость и промываемость с применением ситового, гравитационного и дисперсионного анализов. Устанавливают необходимую крупность помола, обеспечивающую оптимальную степень вскрытия минеральных зерен. Определяют плотность и магнитную восприимчивость. Выбирают технологическую схему обогащения. Определяют насыпную массу, влажность исходной руды и продуктов обогащения.

Апатитовые руды. Основным методом их обогащения является флотация. В качестве реагентов-собираателей применяют жирнокислотные собиратели (омыленную смесь дистиллированного таллового масла, окисленный петролатум, технические жирные кислоты и т. д.), а также органические продукты типа N-ацилированных аминокислот (ААК-таллакам, ИМР-25 и др.). Для повышения эффективности процесса флотации добавляют жидкое стекло и ОП-4. Флотация проводится в щелочной среде (рН = 9,5–10,0), создаваемой содой или едким натром. Из руд, содержащих от 2,5 до 18 % P_2O_5 получают апатитовый концентрат с содержанием 38–40 % P_2O_5 при извлечении 80–93 %. В большей части апатитовые руды являются комплексными. Вследствие этого схемы их обогащения включают процессы магнитной сепарации, гравитации и другие передельные, обеспечивающие попутное выделение пирохлорового, ильменитового, магнетитового, нефелинового и других концентратов. Наличие той или иной технологической операции, их последовательность определяются вещественным составом руд, количественным соотношением основных и породообразующих минералов, их физико-химическими и другими свойствами.

К легкообогатимым относятся апатит-нефелиновые руды Хибинской группы месторождений. Из них получают высококачественные концентраты с содержанием P_2O_5 39,4 % при извлечении 85–90 %.

К относительно легкообогатимым относятся апатитовые руды ошурковского типа и апатит-ильменит-титаномагнетитовые. Для последних извлечение магнетита и титаномагнетита производится в слабом магнитном поле, апатита и ильменита – флотацией.

Труднообогатимыми являются руды апатит-карбонатного типа из-за близости флотационных свойств апатита и карбонатов (кальцита и доломита). Они требуют применения более сложных схем и реагентных режимов. Карбонатно-силикатные руды, например ковдорского типа, относятся к труднообогатимым, для их обогащения применяется магнитно-флотационная схема с извлечением апатита, магнетита и бадделейта.

Фосфоритовые руды отличаются разнообразием природных разновидностей, что влияет на технологию их переработки.

Обогащение зернистых рыхлых руд марокканского подтипа производится путем гидравлической классификации или оттиркой пелитовой фракции карбонатных минералов. Крепкие разновидности фосфоритов этого подтипа не добываются. Для обогащения зернистых руд кызылкумского подтипа наряду с гравитацией рекомендуется предусматривать энергоемкий процесс кальцинирующего обжига с флотацией шламов.

Обогащение Унечских фосфоритов песчано-зернистого типа, наряду с сепарацией фракции +0,15 мм, включает также процесс кислотного растворения фосфатной оболочки на зернах других минералов.

Микрозернистые и афанитовые руды хубсугульского подтипа являются труднообогатимыми из-за тонкого взаимного прорастания фосфатных и карбонатных минералов. Их обогащение гравитацией без тонкого помола обеспечивает извлечение 50 %, и лишь последующее измельчение, флотация и обжиг позволяют поднять его до 65–80 %.

Желваковые фосфориты из-за низкого содержания P_2O_5 и высокого полоторных оксидов для получения кондиционных концентратов не используются. Их перерабатывают по схеме, включающей дезинтеграцию, мокрое грохочение с получением кускового продукта, содержащего 20–21 % P_2O_5 , и флотацией фосфатов из подрешетного продукта. Совместный помол обоих продуктов дает фосфоритную муку с содержанием P_2O_5 18–20 %.

Ракушечные фосфориты Кингисеппского месторождения обогащаются методом флотации. Фосфаты флотируют жирнокислотными реагентами в сочетании с аполярированными реагентами в щелочной среде (рН=9,3–9,8) с применением жидкого стекла для подавления, кварца. Из руд, содержащих 8–12 % P_2O_5 , получают фосфоритовые концентраты с содержанием P_2O_5 более 28 % при извлечении 80–90 %.


В последние годы для обогащения фосфатного сырья применяют методы биотехнологии (бактериальное выщелачивание карбонатов), радиометрического и химического обогащения, электростатической и электромагнитной сепарации; для разделения фосфатных и карбонатных минералов – суспензионные гидроциклоны и тяжело-средние сепараторы.

В промышленности для переработки концентратов и богатых фосфатных руд используют три способа: разложение кислотами, электротермическое восстановление фосфора до элементарного и термическая переработка с разрушением структуры апатита.

Сернокислотным разложением получают простой суперфосфат и экстракционную фосфорную кислоту, т. е. фосфорную кислоту с примесями Ca, Mg, Fe, Al, Na, K, F, SiO_2 и др.

Азотнокислотное разложение обеспечивает получение нитрофосфатов с полным переводом кальция апатита в раствор, сама азотная кислота при этом является компонентом удобрения.

Кислотное разложение апатита обеспечивает растворение в воде фосфатной части комплексных и концентрированных удобрений на 90–95 %.

Электротермией элементарный фосфор получают восстановлением углеродом в электропечах при температуре 1450–1600 °С в процессе плавки шихты из фосфатной руды, кокса и SiO₂; процесс энергоемкий. При получении желтого фосфора электротермическим путем необходимо, чтобы величина кислотного модуля  загружаемой в печи шихты была близка к 0,8. Желтый фосфор применяют для получения красного фосфора, фосфорной кислоты, фосфорного ангидрида, хлористых, сернистых, органических и других соединений фосфора.

Термические фосфаты получают спеканием или сплавлением с различными добавками для получения кормовых продуктов или удобрений.

35. Полупромышленные технологические исследования проводятся по программе, согласованной недропользователем с проектной организацией и подразделением, выполняющим геологоразведочные работы.

В результате технологических исследований должны быть получены данные, достаточные для проектирования рациональной технологии обогащения и переработки руд с комплексным извлечением полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства. Предлагаются оптимальные меры по складированию, захоронению или утилизации хвостов обогащения, использованию оборотных вод и обезвреживанию промышленных стоков при сбросе.

36. Технические требования, предъявляемые промышленностью к фосфатному сырью, обуславливаются технической возможностью и экономической целесообразностью химической (кислотной, электротермической, гидротермической) или механической (измельчение) переработки.

Наибольшее значение имеет содержание в фосфатном сырье P₂O₅. Важную роль играет также содержание полупторных оксидов железа и алюминия, оксида магния, карбонатов, оксида кремния. Кроме химического состава имеет значение гранулярный состав сырья.

Простой суперфосфат получается в результате обработки сырья серной кислотой, двойной суперфосфат – фосфорной кислотой, комплексные удобрения (аммофос, диаммонийфосфат и диамофоска) – азотной кислотой или ее смесью с серной и фосфорной кислотами, а также сульфатами калия и аммония или хлористым калием. Исключением являются некоторые виды низкосортных фосфоритных руд, перерабатываемых на фосфоритную муку.

Для производства суперфосфата и комплексных удобрений требуются руды или концентраты, содержащие не менее 28 % P₂O₅. Вредными примесями руд и концентратов, осложняющими технологию их переработки, являются полупторные оксиды железа и алюминия, оксиды магния, диоксиды углерода и кремния, а также оксиды токсичных элементов. Допустимое содержание вредных примесей зависит от способа переработки. Оценка производится по отношению 100R₂O₃/P₂O₅ и 100Mg/P₂O₅. Первое отношение не должно превышать 8–12, второе – 5–8. При содержании CO₂ более 6 % необходима предварительная декарбонизация. Содержание CaO и кальциевый модуль 100Ca/P₂O₅ в желваковых фосфоритах составляют 47–48 % и 1,55, в ракушечных 50–52 % и 1,40, в хибинском апатите 52,0 % и 1,25, т.е. самый низкий модуль, что существенно (на 10–20 %) снижает расход серной кислоты.

При азотнокислотной переработке допускается минимальное содержание в фосфатном сырье 24 % P₂O₅ и 100Fe₂O₃/P₂O₅ не более 15 %.

Для производства желтого фосфора используется фосфатное сырье с содержанием P₂O₅ не менее 21 % и крупностью более 10 мм, мелкие классы подвергаются предварительному окускованию (агломерация, окатыши).

Требования к гранулярному составу сырья следующие: не менее 3–5 мм и не более 50–70 мм. Мелкие фракции подвергаются агломерации.

Качество фосфатного сырья, поставляемого в виде апатит-нефелиновой руды, товарных фосфоритов, фосфоритной муки, апатитовых и фосфоритовых концентратов, в каждом конкретном случае регламентируются договором между поставщиком и потребителем. В сложившейся отечественной практике принято считать, что качество фосфатного сырья должно соответствовать нормам (требованиям) существующих стандартов и технических условий (ТУ), перечень которых приведен в табл. 4.

Таблица 4

**Перечень основных стандартов, технических условий
на фосфатное сырье, концентраты и продукты их переработки**

ГОСТ 22275–90	Концентрат апатитовый
---------------	-----------------------

Продолжение табл. 4

ГОСТ 5716–74	Мука фосфоритовая
ТУ 113-12-93–90	Концентрат апатитовый Ковдорского горно-обогатительного предприятия
ТУ 113-12-96–88	Мука фосфоритовая для промышленной переработки
ТУ 113-12-83–85	Фосмука сухого помола
ТУ 113-12-57–87	Фосмука тонкого помола Чилисайского рудника
ТУ 113-12-141–90, ТУ 113-12-140–89	Фосфориты кусковые суспензионные для электротермической переработки

**V. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических,
экологических и других природных условий месторождения**

37. Гидрогеологическими исследованиями изучаются основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявляются наиболее обводненные участки и зоны и решаются вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту устанавливаются его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определяются возможные водоприитоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разрабатываются рекомендации по защите их от подземных вод.

Также рекомендуется:

– изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и

вредных примесей;

- оценить возможность утилизации дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится, руководствуясь соответствующими методическими документами.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых решаются на уровне констатации вероятных, разведываемых и действующих источников водоснабжения.

По результатам гидрогеологических исследований даются рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

38. Проведение **инженерно-геологических исследований** на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ, определения устойчивости подземных горных выработок и их крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении проводятся в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол № 7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол № 5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями изучаются: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород устанавливается их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

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

39. Месторождения фосфатного сырья чрезвычайно разнообразны по условиям и глубинам залегания, размерам и морфологии рудных тел, физико-механическим свойствам руд и вмещающих их пород. В зависимости от масштабов запасов, интервалов глубин распространения рудных тел, гидрогеологической обстановки и других факторов технико-экономическими расчетами обосновывается рациональная система отработки месторождения открытым (карьерным), подземным способами или их комбинацией. Перспективным направлением отработки месторождений фосфатных руд является скважинная гидродобыча (СГД).

Перспективным способом управления качеством добываемой руды в случае устойчивой корреляции P_2O_5 с естественной радиоактивностью или содержанием попутных компонентов является экспресс-анализ на рудоконтролирующих станциях (РКС) отбитой горнорудной массы в транспортных емкостях (автосамосвалах, ковшах погрузо-доставочных машин, вагонетках), на лентах транспортеров с крупнопорционной сортировкой на кондиционную, некондиционную руду и отвальную породу.

40. **Экологическими исследованиями** устанавливаются фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определяются предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оцениваются характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

При разведке дается экологическая оценка фосфатного сырья, включающая определение содержания экологически контролируемых элементов и характера их изменений в рудах промышленных пластов и продуктах переработки, включая концентраты, образцы удобрений и отходы производства. Устанавливается экологический показатель (ЭП). Составляется комплект эколого-геохимических карт распределения основных токсикантов (F, As, Sr, Hg, Cd, U). Выделение и отбраковка экологически опасных зон или частей разреза осуществляются по ЭП с учетом превышения ПДК.

Экологической сертификации и контролю подвергаются все фосфорные минеральные удобрения независимо от типа фосфатного сырья, из которого они получены.

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

41. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

42. По районам новых месторождений указывается местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

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

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

45. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, изучаются в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

VI. Подсчет запасов

46. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений фосфатных руд производится в соответствии с требованиями разделов 2, 4 и 5 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 07.03.1997 г. № 40.

47. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, производственную мощность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, характеризуются:

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

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

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

- общностью горнотехнических условий разработки. По падению рудных тел подсчетные блоки рекомендуется разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

48. При подсчете запасов учитываются следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений фосфатных руд.

Запасы **категории А** при детальной разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными выработками, без экстраполяции.

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

Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. Контур запасов категории В проводится по разведочным выработкам, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определяются по достаточному объему представительных данных; оконтуриваются промышленные (технологические) типы руд.

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

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

Контур запасов категории С₁ определяются по скважинам и на основании геологически обоснованной экстраполяции, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

Запасы **категории С₂**. К этой категории относятся предварительно оцененные запасы, подсчитываемые путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию, а по самостоятельным рудным телам – исходя из совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений. При определении контуров подсчета запасов категории С₂ рекомендуется учитывать условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы, мощности и качества руд.

49. Запасы подсчитываются отдельно по категориям, способам отработки (карьерными, штольневыми горизонтами, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

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

Соотношение различных промышленных типов и сортов руд при невозможности их оконтуривания определяется статистически. Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

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

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

52. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности вновь подсчитанных запасов рекомендуется производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

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

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные уполномоченным экспертным органом запасы и (или) качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления рекомендуется установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных уполномоченным экспертным подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

53. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находят применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, линейных содержаний) и их оценки с определением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям или составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера и интервалом опробования.

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

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок привязан в пространстве и имеет список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) представляются в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность определения средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел со сложной морфологией и внутренним строением. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания проверяются (сравниваются) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

54. При компьютерном подсчете запасов обеспечивается возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

55. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Методическими рекомендациями по составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

VII. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных

ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 07.03.1997 г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

56. На **оцененных месторождениях** фосфатных руд определяется их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявляются общие масштабы месторождения, выделяются наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов устанавливаются на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории С₂ и, частично, С₁.

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР согласовываются с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР обосновывается в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

ОПР целесообразна при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд, а также при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

57. На **разведанных месторождениях** качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки изучаются по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

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, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- 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, геокриологические, экологические, 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 рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной

минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

VIII. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качеств;
- объективном, существенном (более 20 %) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает 20 %.

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50 %;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50 % от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.




Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное)

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

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

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

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



(1.1)

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_B и законтурных N_3 , обрисовывающих общую границу сложного объекта):



(1.2)

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



(1.3)



(1.4)

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

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

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

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

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

* По району месторождения представляются геологические карты и карты полезных ископаемых в масштабах 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать положение основных рудоконтролирующих структур и рудомещающих комплексов пород месторождений фосфатных руд и других рудопроявлений района, а также местоположение площадей, на которых оценены прогнозные ресурсы апатитовых и фосфоритовых руд.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует учесть при составлении геологических карт и разрезов к ним и отразить на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемой геологической карты.