

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

Самородная сера

Москва, 2007

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

Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Самородная сера.

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 месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (самородной серы) (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 11 декабря 2006 г. № 278, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в отношении самородной серы.

2. Методические рекомендации направлены на оказание практической помощи недропользователям и организациям, осуществляющим подготовку материалов по подсчету запасов полезных ископаемых и представляющих их на государственную экспертизу.

3. С е р а (S) – неметалл, но ее электронная структура обуславливает металлический характер. Она является высокотоксичным, но жизненно необходимым, наиболее легким халькофильным элементом. Характерная особенность серы – ее способность образовывать соединения различной валентности – от резко восстановленных форм (сульфиды металлов) до окисленных (сульфаты). Элементарная (самородная) сера по сравнению с этими валентными формами имеет значительно меньшее распространение.

Сера и ее соединения широко используются в химической промышленности для производства серной кислоты (основной потребитель), красителей (ультрамарин, синька, сернистые красители), искусственного волокна (вискоза), синтетического каучука, в целлюлозно-бумажной промышленности для придания бумаге белого цвета, для получения сероуглерода, в фармацевтической промышленности, резинотехнической отрасли (в качестве наполнителя), при производстве взрывчатых веществ, в пищевой промышленности (дезинфицирующее и отбеливающее средство, рафинирование продукции). Самородную серу применяют в сельском хозяйстве в качестве инсектицидов, микроудобрений, в животноводстве как дезинфицирующее средство. Сера также используется в производстве пластмасс, при очистке керосина и масел от нефтей, как водоотталкивающая пропитка тканей, для очистки сточных вод, при приготовлении специальных бетонов, асфальтов и др.

4. Сера является одним из наиболее распространенных элементов земной коры. Ее кларк составляет 0,04 % (среднее содержание в дунитах, перидотитах и пироксенитах 0,3 %; базальтах, габбро-норитах и диабазах 0,2 %; диоритах и андезитах 0,1 %; в осадочных породах 0,3 %).

Высокая геохимическая подвижность серы в природных геологических процессах обуславливает образование ее различных природных соединений. Сера и ее соединения в природе существуют в твердом (самородная сера, сульфиды металлов, сульфатные породы), газообразном (сероводород в горючих газах) и жидком (сероорганические соединения в нефтях) состояниях. В настоящих рекомендациях рассматриваются основные требования к изучению и геолого-промышленной оценке месторо-

ждений самородной серы.

5. С е р а с а м о р о д н а я – минерал S, часто с примесями As, Te, Se, Fe, высокодисперсными включениями гипса, глины. Образует плотные землистые агрегаты, желваки, налеты, реже кристаллы и обладает высокой природной гидрофобностью. Цвет самородной серы от соломенно-желтого до коричневого и черного, блеск смолистый до жирного, твердость 1–2, плотность 2–2,1 г/см³, минерал обладает большой хрупкостью. При температуре 112,8–119 °С сера плавится, превращаясь в жидкость, вязкость которой при повышении температуры постепенно падает, достигая наименьших значений при 150 °С. Эта температура наиболее благоприятна для отделения расплавленной серы от вмещающих ее пород. При дальнейшем повышении температуры вязкость серы сначала возрастает, а после 190 °С снова снижается. Кипит сера при 444,6 °С. Температура воспламенения 214–280 °С. При горении серы образуется оксид серы (сернистый ангидрид).

6. Высокая геохимическая подвижность серы в природных геологических процессах обуславливает образование ее различных природных соединений. В настоящее время источниками получения серы являются: самородная сера; сера, содержащаяся в виде сероводорода в горючих газах; сера, содержащаяся в нефти и сульфидных рудах. В ряде стран серу извлекают из ангидрита, гипса и сероводородных вод. Получение серы из различных видов серосодержащего сырья в разных странах обуславливается имеющейся сырьевой базой и экономическими факторами, а также необходимостью защиты окружающей среды от загрязнения сернистыми отходами производства.

7. Наряду с самородной серой из указанных выше видов сырья наиболее важной является сера, содержащаяся в горючих газах и обеспечивающая получение высококачественного продукта чистотой до 99,9 %. Исходя из современных технологических возможностей переработки сероводородсодержащих горючих газов для производства серы в качестве нижнего предела принимается содержание сероводорода в природных газах 0,075–0,15 % при сумме кислых газов 0,5–1,0 %.

В СНГ выявлен ряд газовых месторождений (Оренбургское и Астраханское в России, Газлинские в Узбекистане, Салман-Тепе и Гугуртли в Туркмении и др.), запасы серы в которых сопоставимы с запасами месторождений самородной серы. В промышленных масштабах сера извлекается также при очистке добываемых сернистых нефтей (Самарские заводы).

Сера извлекается также при переработке пиритных концентратов, получаемых при обогащении медно-колчеданных и других комплексных сульфидных руд на обогатительных фабриках, улавливании сернистых газов из металлургических печей при переработке медных и цинковых концентратов на заводах цветной металлургии, а также из полупродуктов и отходов коксохимического производства.

В указанных видах сырья сера является сопутствующим компонентом и извлекается как попутный продукт. Промышленная оценка и подсчет запасов этой серы производятся в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке, и методическими рекомендациями по применению Классификации запасов и прогнозных ресурсов к месторождениям соответствующих полезных ископаемых.

Среди природных типов сырья в качестве источника получения элементной серы практический интерес представляют только серные руды. К ним относятся руды, содержащие природную серу в количестве от 8 до 30 % и более. Руды являются достаточно плотными – крепость по Протодяконову составляет 6–8.

8. Месторождения самородной серы по условиям образования подразделяются на две основные группы: экзогенные инфильтрационно-метасоматические и вулканогенные (табл. 1). Типизация серных руд базируется в первую очередь на вещественном составе и текстурно-структурных их особенностях.

Таблица 1

Промышленные типы месторождений самородной серы

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание серы, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Инфильтрационно-метасоматический	Пластовый, линзообразный в известняках, доломитах, мергелях	Кальцитсерный (известняковый)	20–30	Целестин, вскрышные породы	Химический серный, флотационно-металлургический	Язовское (Украина), Гаурдакское (Туркмения)
		Доломиткальцитсерный (кальцит-доломитовый)	12–14	Вскрышные породы (известняки, гипс)	То же	Водинское, Сырейско-Каменнодольское (Россия)
	Штоко-, столбо-, линзообразный в известняках и гипсах	Кальцитсерный, гипссерный	25–40	Целестин, барит, ангидрит	«	Гаурдакское, Карлюкское (Туркмения)
Вулканогенный	Штоколинзообразный в кварцитах и опалитах	Опалитово-серный	20–40	Пирит	«	Новое (Россия)
		Алунитсерный	15–18	Алунит	«	Малетойва-ямское (Россия)

Наибольшее практическое значение имеют инфильтрационно-метасоматические месторождения, в которых сосредоточено более 90 % мировых запасов серы. Все промышленные месторождения этой группы своим происхождением обязаны процессам восстановления сульфатов углеводородами с последующим окислением сероводорода до элементной серы при участии сульфатредуцирующих бактерий. Сера этих месторождений почти всегда приурочена к сульфатно-карбонатным породам, слагающим кепроки солянокупольных структур, пластообразные и линзовидные залежи. Рудные пласты различной мощности (до 125 м) переслаиваются, как правило, с неосерненными седиментационными карбонатными и сульфатными породами. К другим типам разреза приурочены мелкие залежи или непромышленные проявления, в которых самородная сера развита по включениям сульфатных пород или же отлагается в первичных и вторичных порах и кавернах, а также по трещинам при содержании ее редко выше 10 %. По преобладающему составу вмещающих серу пород и минералов серные руды подразделяются на известняковые, кальцит-доломитовые, глинисто-известняковые (мергелистые) и др. Основные из них – первые два типа руд.

Известняковые руды характеризуются высоким содержанием серы, которое на разных месторождениях в среднем равно или близко к 25 %. По текстурным особенностям известняковые руды разделяются на массивные, гнездовые, полосчатые, прожилковые и вкрапленные, а характерными структурами их являются дисперсионно-рассеянная,

скрыто- и явнокристаллическая. Прожилковые и крупновкрапленные руды содержат большое количество крупнокристаллического кальцита и характеризуются хорошей обогатимостью и выплавляемостью. Тонковкрапленные руды представляют собой «пропитанные» серой вмещающие породы, что обуславливает невысокие показатели флотационного обогащения. Эти руды характеризуются плохой выплавляемостью. Известняковые руды – основной тип руд на месторождениях Предкарпатского (Украина) и Гаурдак-Кугитангского (Туркменистан) сероносных бассейнов.

Кальцит-доломитовые руды отличаются от известняковых более низким содержанием серы (в среднем 12–14 %) и более высоким содержанием гипса. Они состоят из доломитизированных известняков и доломитов, в которых сера находится в кристаллической, в меньшей степени в скрытокристаллической и тонкорассеянной форме, а выделения серы представлены вкрапленниками, гнездами и прожилками. Обогатимость и выплавляемость их удовлетворительная. Руды этого типа развиты на месторождениях Средневожского бассейна, которые в настоящее время или отработаны, или потеряли промышленное значение.

Глинисто-известняковые (мергелистые) руды представлены глинами с обломками серосодержащих известняков. Присутствие в руде рыхлых глинистых продуктов, способствующих образованию большого количества шлама, ухудшает процессы флотации и плавки. Руды этого типа представлены в северо-восточной части Немировского месторождения в Предкарпатье.

На некоторых месторождениях или отдельных участках серные руды отличаются повышенным содержанием битумов и подразделяются на битуминозные (с содержанием битумов выше 1,5 %), среднебитуминозные (0,2–1,5 %) и слабобитуминозные (ниже 0,2 %).

Серные руды вулканогенных месторождений обычно связаны с продуктами извержений. Среди вулканогенных месторождений серы по условиям образования выделяются три генетических типа: гидротермально-метасоматический, кратерно-озерный и поверхностно-сублимационный.

Практическое значение могут иметь месторождения гидротермально-метасоматического генезиса, сероносность которых часто связана с крупными пластообразными и линзовидными залежами богатых руд. Благодаря интенсивному выделению активных гидротермальных растворов с высоким содержанием сернистых газов в посткальдерный этап развития вулканов происходит метасоматическая проработка пористых андезитовых толщ с образованием серных кварцитов. Серное оруденение проявляется в виде пластов и линз мощностью до 100 м с четко выраженной зональностью в изменении серовмещающих пород. Серные кварциты обычно подстилаются алуниновыми кварцитами. Ниже по разрезу залегают каолинизированные кварциты, в которых отмечается серно-колчеданное оруденение. Последние постепенно переходят в монтмориллонитовые разности кварцитов и пропилиты. Сверху руды венчаются толщей монокварцитов и опалитов, лишенных серы. Промышленные концентрации серы обычно приурочены к серно-алуниновым и серным кварцитам, осерненным опалитам, реже к каолинит-алунино-кварцевым породам. Содержание серы в рудах изменяется в широких пределах (от 5 до 50 %), составляя в среднем по месторождениям 15–25 %. Текстура руд этих месторождений разнообразная: гнездовая, прожилково-вкрапленная, вкрапленная и др. Прожилковые и вкрапленные руды хорошо обогащаются флотацией; тонковкрапленные руды, преобладающие на месторождениях, труднообогащаемы и требуют применения сложных схем обогащения.

Кратерно-озерные месторождения серы обычно локализируются в пределах кратеров

потухших вулканов, и образование их связано с гидротермальными источниками. Выделявшаяся сера осаждалась вместе с пепловым (туфовым) материалом на дно кратерного озера, образуя слои руды. Залежи имеют обычно форму линз неправильных очертаний.

Самородная сера сублимационных месторождений отлагается в полостях и по трещинам пород на стенках кратеров вулканов, а при выходе гидротермальных источников на поверхность она образует формы в виде налетов, корок и даже серных потоков. Серные залежи этих двух типов месторождений обычно невелики по запасам и не имеют промышленного значения.

Вулканогенные месторождения в настоящее время не разрабатываются из-за сложных горно-геологических условий (месторождение Новое), а также в связи с несовершенством технологии их переработки (месторождение Малетойваямское).

9. По содержанию серы руды обычно разделяются на весьма богатые (выше 25 %), богатые (18–25 %), средние (12–18 %) и бедные (5–12 %); по выплавляемости – на легковыплавляемые (выплавляемость выше 60 %), средней выплавляемости (40–60 %) и трудновыплавляемые (ниже 40 %).

В серных рудах различных типов основные породообразующие минералы представлены кальцитом (и арагонитом), доломитом, гипсом (и ангидритом), баритом, целестином, алунином, ярозитом, практически всегда встречаются глинистые минералы: от гидрослюды до монтмориллонита, кварц и его разновидности (опал), пирит, гидроксиды железа.

Тонкодисперсная сера зачастую рассеяна в известняках в виде мельчайших (в среднем 0,02 мм) зерен и агрегатов неправильной формы, образуя тонкие и сложные взаимопрорастания с кальцитом. Кристаллические формы самородной серы даже при очень малых размерах минеральных индивидов (менее 0,01 мм) обычно не дают сложных сростков с вмещающими породами и образуют при гнездовых и прожилковых текстурах мономинеральные скопления серы с размером включений от 0,5–3 до 200 мм.

Попутные полезные ископаемые и компоненты на месторождениях серных руд представлены в основном целестином, алунином, баритом, гипсом, ангидритом и сульфидами металлов, которые возможно извлечь флотационными, гравитационными и другими методами обогащения.

Вредными компонентами руд самородной серы, которые влияют на технологию переработки сырья и область применения получаемых продуктов, являются мышьяк, селен, (железо, марганец, медь и др.), гипс, битумы и глины с большим количеством нерастворимого остатка.

II. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

10. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения полезного компонента месторождения самородной серы соответствуют 1-й и 2-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

К 1-й группе относятся инфильтрационно-метасоматические месторождения, представленные крупными пластообразными залежами простого строения, относительно выдержанными по мощности и устойчивыми по качеству руд (Роздольское, Язовское, Подороженское месторождения Предкарпатского бассейна), а также крупными и средни-

ми по размерам пластообразными залежами, относительно выдержанными по мощности и сравнительно устойчивыми по качеству руд (Немировское, Любеньское, Водинское и Сырейско-Каменнодольское в России). При намечаемой разработке месторождения методом подземной выплавки (ПВС) необходимое условие для отнесения месторождения к этой группе – выдержанность фильтрационных свойств пласта, водопроницаемости, водопоглощения и других параметров, определяющих эффективность разработки месторождения этим методом.

Ко 2-й группе относятся инфильтрационно-метасоматические и вулканогенные месторождения, представленные средними и мелкими линзовидными и пластообразными залежами сложного строения, относительно невыдержанными по мощности или неустойчивыми по качеству руд (Малетойваямское на Камчатке и Новое на о. Итуруп, Гаурдакское в Туркмении). При намечаемой разработке месторождения методом ПВС к этой группе относятся месторождения всех генетических и морфологических типов, характеризующиеся невыдержанностью фильтрационных свойств залежей, водопроницаемости, водопоглощения и других параметров, определяющих эффективность разработки месторождения этим методом.

Месторождения самородной серы, относящиеся к 3-й и 4-й группам Классификации, в настоящее время практического значения не имеют.

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

12. При отнесении месторождения к той или иной группе могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

III. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

13. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях самородной серы составляются в масштабе 1:1000–1:2000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:1000. Для скважин вычисляются координаты точек пересечения ими кровли и подошвы серной залежи и строятся проложения их стволов на планах и разрезах.

14. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологических картах масштаба 1:1000–2000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы должны давать представление о размерах и форме серных залежей, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания, распределении серной минерализации, особенностях взаимоотношения серных залежей с литолого-петрографическими комплексами вмещающих пород, складчатыми структурами и тек-

тоническими нарушениями, закарстованности, трещиноватости, макропустотности руд в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Эти материалы должны отражать также размещение различных типов руд, строение кровли и подошвы рудных тел, изменение по простиранию и падению мощности, содержания самородной серы и вредных примесей. Кроме того, должны быть изучены гидрогеологические особенности (фильтрационные свойства пород серной залежи и вмещающих пород) в степени, достаточной для решения вопроса о возможном использовании способа подземной выплавки серы. Следует обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

15. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел должны быть изучены канавами, шурфами с расчистками, расчистками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зон химического и физического выветривания сероносных залежей, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств, содержание серы и провести подсчет запасов руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

16. Разведка месторождений самородной серы на глубину проводится скважинами. Для получения надежных данных о морфологии, условиях залегания и вещественном составе сероносных залежей, а также для контроля данных бурения и отбора технологических проб должны проходить скважины большого диаметра и при благоприятных условиях – горные выработки. Необходимость проходки подземных горных выработок, их объемы и назначение определяются в каждом конкретном случае исходя из особенностей геологического строения месторождения.

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

Скважины большого диаметра, а также гидрогеологические скважины оборудуются и сохраняются для последующих режимных наблюдений (особенно при разведке залежей для ПВС).

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержания серы, характер ее пространственного распределения, текстурно-структурные особенности руд, а также возможное избирательное истирания зерна при бурении. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

Основные разведочные выработки проходятся на всю мощность залежи или пласта

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 (иногда 1:10 000) с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать геологическое строение района, положение основных рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений самородной серы и рудопоявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы самородной серы.

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

и углубляются в подстилающие породы в зависимости от характера контакта с вмещающими породами, мощности зоны осернения и концентрации в ней серы. В тех случаях, когда имеются предпосылки выявления в подстилающих породах других сероносных горизонтов или залежей, около 5 %, но не менее 6–10 разведочных выработок должны пересечь потенциально продуктивные отложения на полную мощность.

При сложном рельефе дневной поверхности и поверхности полезной толщи проводятся дополнительные выработки с целью установления характера распределения вскрышных пород, а также для выявления и оконтуривания крупных карстовых образований, древних размывов, изучения тектонических нарушений и т. д.

При разведке месторождений серы необходимо учитывать наличие процессов, разрушающих серные залежи, интенсивность действия которых может возрасти в связи с проходкой разведочных выработок; поэтому по окончании наблюдений производится наземный ликвидационный тампонаж скважин.

В случае разведки серных залежей для ПВС все разведочные скважины должны быть ликвидированы путем заливки цементным раствором на высоту не менее 50 м от кровли серной залежи с заполнением остальной части ствола вязким глинистым раствором.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении. Данные каротажа могут использоваться непосредственно для подсчета запасов при соблюдении требований, предусмотренных соответствующими инструкциями по геофизическим методам и при наличии материалов, подтверждающих их достоверность. Достоверность данных каротажа должна подтверждаться сопоставлением их с результатами бурения по скважинам, характеризующим основные типы руд на месторождении, по интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие избирательного истирания. Причины значительных расхождений между геологическими и геофизическими данными должны быть установлены и изложены в отчете с подсчетом запасов.

17. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, позволяющем выяснить с необходимой полнотой особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел, характер околорудных изменений, распределение природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 80 % по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

В тех случаях, когда полезная толща сложена рудами нескольких типов или их разновидностей, необходимо обеспечить надежный выход керна для каждого типа или разновидности руд.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний серы и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным

выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При существенном искажении содержания серы в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных контрольных выработок.

При разведке месторождений, намечаемых к разработке методом ПВС, следует предусмотреть мероприятия, исключаящие при бурении скважин кольматацию серных руд шламом (обратная промывка, промывка азрированными жидкостями, продувка воздухом и др.). В случае излишне высокого водопоглощения серной залежи необходимо провести опытные работы по искусственной кольматации руд, а при низком водопоглощении – исследования по возможности его повышения.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30° .

Для пересечения крутопадающих серных залежей под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

18. Поверхностные и подземные горные выработки (при необходимости их проходки) используются для детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, характера распределения основных компонентов, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и для отбора технологических проб.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

19. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа залежей с учетом их размеров, мощности и особенностей геологического строения. При этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 2 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений серных руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

При разработке месторождений методом ПВС особое значение имеют гидрогеологические условия, обуславливающие расход теплоносителя, расстояния между эксплуатационными скважинами и извлечение серы из недр. При сложном и невыдержанном характере гидрогеологических параметров запасы категории А не выявляются, а для разведки запасов категорий В и С₁ следует ориентироваться на плотность сети, приведенную в табл. 2 соответственно для категорий А и В.

Таблица 2

Данные о плотности сетей разведочных выработок – скважин, применявшихся при разведке месторождений самородной серы в странах СНГ

Группа месторождений	Типы месторождений	Расстояния между выработками (м) для категорий запасов		
		А	В	С ₁
1-я	Крупные пластообразные залежи, относительно выдержанные по мощности и устойчивые по качеству руд	75–100	150–200	300–400
	Крупные и средние пластообразные залежи, относительно выдержанные по мощности и сравнительно устойчивые по качеству руд	35–75	75–150	150–300
2-я	Средние и мелкие линзовидные и пластообразные залежи, невыдержанные по мощности или неустойчивые по качеству руд	–	35–75	75–150

Примечание. 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.

20. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки и горизонты месторождения должны быть разведаны наиболее детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 1-й группы должны быть разведаны преимущественно по категориям А и В, 2-й группы – по категории В.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул. Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму серных залежей, 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 (для месторождений, намечаемых к разработке методом ПВС, – по фильтрационным свойствам, водопроницаемости, водоотдаче и другим параметрам, определяющим условия разработки месторождения этим методом), должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геомет-

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

21. Все разведочные выработки и выходы серных залежей или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

При документации выработок, пройденных по сероносным породам, необходимо обращать особое внимание на литологический состав, структурно-текстурные особенности серных руд, характер изменения их в зоне окисления и на контактах с вмещающими породами, на наличие гипсовых включений, тектонических нарушений и зон дробления, кавернозности, пористости, закарстованности и других форм пустотности.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой компетентными комиссиями. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования).

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

23. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. На месторождениях самородной серы целесообразно применение ядерно-геофизических методов (в частности, спектрометрического нейтронного гамма-каротажа) в качестве рядового опробования*. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется соответствующими нормативно-методическими документами.

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности. При выборе геологических способов опробования (керновый, бороздовый, задирковый и др.), определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования следует руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

24. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением сле-

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) уполномоченного экспертного органа после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

дующих обязательных условий:

сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения серных залежей разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность серной залежи с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разрезанной сети выработок. В канавах, шурфах, траншеях кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

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

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керна проба, обрабатываются и анализируются отдельно. В пробу, как правило, отбирается половина керна. При малых диаметрах бурения и весьма невыдержанном качестве руд представительность проб должна быть подтверждена данными опробования вторых половинок керна.

Опробование в горных выработках и обнажениях обычно проводится бороздовым способом посекционно на всю вскрытую мощность полезной толщи с учетом изменения литологических особенностей пород и степени осернения. Длина секций, как правило, не должна превышать 1,0 м, а для приконтактных зон – 0,5 м. Прослои пустых пород, селективная отработка которых невозможна, включаются в пробу. Сечения борозд при разведке месторождений самородной серы обычно составляют от 3×5 до 5×10 см. При наличии подземных горных выработок, пройденных для заделки сплошности серных залежей, опробование производится в забоях.

Вследствие различия физико-механических свойств слагающих руду минералов, при отборе бороздовых проб возможно выкрашивание из стенок и попадание в пробу серы, что приведет к завышенной оценке ее содержания. Поэтому при наличии избирательного выкрашивания серы технология отбора и параметры проб должны быть обоснованы экспериментально.

Данные опробования выработок, не вскрывших всей мощности сероносной залежи,

не могут быть использованы при подсчете запасов.

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

Контроль кернового опробования осуществляется отбором проб из вторых половинок керна и каротажем скважин. При наличии значительных расхождений необходимо произвести их сопоставление с результатами опробования скважин большого диаметра или валового опробования сопряженных горных выработок.

Для установления избирательного истирания керна и оценки его влияния на достоверность опробования следует для каждой разновидности серных руд уже на ранних стадиях разведки сопоставлять результаты опробования керна с данными опробования скважин большого диаметра или горных выработок, средние содержания определяемых компонентов при различных выходах керна, определять содержания серы в шламе и мути.

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие его избирательного истирания.

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

Достоверность принятых методов и способов опробования скважин и горных выработок контролируется более представительным способом, как правило валовым, руководствуясь соответствующими методическими документами. Достоверность кернового опробования заверяется валовыми пробами из шурфо-скважин большого диаметра. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки месторождения.

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.

26. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K , соблюдения схемы обработки, а также возможности обогащения и разубоживания проб в процессе обработки (за счет загрязнения материалов проб в дробильных аппаратах, ситах и т. д.).

Для месторождений самородной серы значение коэффициента K обычно принима-

ется от 0,1 при однородном до 0,3 при неоднородном качестве руд или при содержании в них вредных компонентов, близком к предельному по кондициям.

27. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Все отобранные пробы анализируются на содержание элементной серы, а при разработке месторождения методом ПВС целесообразно определять содержание нерастворимого остатка.

Содержание вредных примесей (мышьяк, селен, гипс, битум) определяется в рядовых пробах, отобранных по редкой сети скважин, равномерно распределенных по площади месторождения. Число скважин зависит от особенностей строения месторождения и устанавливается в каждом конкретном случае. По остальным скважинам и горным выработкам содержание вредных примесей следует определять по групповым пробам, характеризующим или всю мощность залежи (если содержание вредных примесей в ее разрезе существенно не меняется), или ее отдельные части (если установлены значительные изменения содержания вредных примесей в разрезе залежи). Содержание вредных примесей необходимо установить и в самой сере.

Групповые пробы и наиболее характерные рядовые пробы должны анализироваться также на содержание CaO , MgO , CO_2 , SO_3 , H_2O (кристаллизационная), Fe_2O_3 , SiO_2 , Sr_2O . Для рыхлых и глинистых руд должна быть дана характеристика их зернового состава.

Содержание попутных компонентов (уран, ванадий, целестин, сульфиды металлов, алуниит) и вредных примесей определяется по групповым пробам, характеризующим типы руд в отдельных пересечениях. Групповые пробы должны состояться по полным пересечениям отдельных типов и сортов серных руд из навесок дубликатов рядовых проб с одинаковой степенью измельчения и равномерно характеризовать залежь как по простиранию, так и по падению. Величина навесок, отбираемых из дубликатов каждой частной пробы, должна быть пропорциональна длине соответствующего ей интервала опробования. Порядок объединения рядовых проб, общее количество групповых проб, а также число определяемых в них компонентов должны в каждом отдельном случае обосновываться исходя из особенностей месторождения и требований промышленности. Определение содержания урана, ванадия и селена необходимо также производить на мономинеральных пробах и в серных концентратах.

Изучение в серных рудах попутных полезных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

28. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ, НСОММИ и ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденным ВИМС* (протокол № 88 от 16 ноября 2004 г.). Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода

* Федеральный научно-методический центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ ВИМС).

разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

29. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождений и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

30. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

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

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

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать допустимых значений (табл. 3). В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 3

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержания компонент в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержания компонент в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
S	>40	1,0	V ₂ O ₅	>1	8
	30–40	1,2		0,5–1,0	12
	20–30	1,5		0,2–0,5	15
	10–20	2,0		0,1–0,2	20
	2–10	6		0,01–0,1	25

CaO	1–2	9	As	<0,01	30
	0,5–1	12		>2	2,5
	20–40	2,5		0,5–2,0	5
	7–20	6,0		0,05–0,5	13
	1–7	11		0,01–0,05	25
	0,5–1	15	<0,01	30	
	0,2–0,5	20	Sr ₂ O	10–40	6
	<0,2	30		2–10	7,5
MgO	20–40	3		0,5–2	16
	10–20	4,5	0,1–0,5	23	
	1–10	9	Se (г/т)	100–500	15
	0,5–1	16		50–100	20
SiO ₂	20–50	2,5		20–50	25
	5–20	3,5	<20	30	
	1,5–5	11			

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

32. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

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

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

34. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространения.

Особое внимание должно быть уделено характеру прорастания серы и породообразующих минералов, а также определению их размеров. Для рыхлых и глинистых типов руд важное значение имеет изучение их зернового состава.

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

35. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних безрудных и некондиционных прослоев.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. 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 должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам должна систематически контролироваться по всем операциям (отбору, измерениям, взвешиванию, расчетам) и должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

36. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств серных руд должны быть выделены природные разновидности сырья месторождения, намечены возможные промышленные (технологические) типы и способы их обогащения или передела.

Окончательное выделение промышленных типов и сортов сырья производится по результатам технологического изучения.

IV. Изучение технологических свойств руд

37. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять 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).

При разведке месторождений самородной серы, намечаемых для разработки методом ПВС, необходимо производить лабораторное технологическое изучение выплавляемости серы из образцов руд. Эти образцы должны равномерно характеризовать все развитые на месторождении типы руд в разрезе и по площади распространения серной залежи. Из каждого типа руд следует отобрать 30–40 образцов керна длиной 10–15 см и диаметром не менее 75 мм.

На основе изучения фильтрационных свойств, водопоглощения, водопроницаемости и других параметров руд должны быть решены вопросы возможности и экономической

целесообразности ПВС.

Опытная подземная выплавка серы производится в случае отсутствия данных разработки этим методом месторождений (участков), аналогичных разведываемому. При проведении опытных работ необходимо иметь в виду, что эффективная работа установок ПВС в ряде случаев возможна только при условии применения специальных технических мероприятий (кольматация пород в выработанных частях залежей, крупных карстовых и других полостях, управление потоком теплоносителя, строительство противофильтрационных завес, улучшение фильтрационных свойств продуктивного горизонта путем солянокислотных ванн, кислотоструйных подрубов с последующим гидроразрывом пласта, торпедирования и др.).

В тех случаях, когда доказана аналогия разведываемого месторождения (участка) по параметрам, определяющим условия разработки методом ПВС, с другим месторождением (участком), на котором производились опытные работы при эксплуатации этим методом, проведение опытных работ по ПВС не требуется. Решение вопроса о возможности и экономической целесообразности ПВС, а также данные технологии ее режима принимаются по аналогии с учетом результатов лабораторного технологического изучения выплавляемости серы из образцов руд.

38. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

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

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

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

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

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные пробы должны быть представи-

тельными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

Для оценки технологических свойств руд глубоких горизонтов месторождений, труднодоступных для отбора представительных по массе полупромышленных проб, следует использовать выявленные закономерности в изменении качества серных руд верхних изученных горизонтов и привлекать данные минералого-технологического изучения проб малой массы.

39. Технология получения самородной серы согласно требованиям к ее качеству осуществляется по двум вариантам, в основу которых положены различные металлургические процессы и флотация руд.

40. Из месторождений, залегающих на глубинах свыше 100 м, производится подземная выплавка серы (ПВС), основанная на принципе расплавления серы в недрах перегретой горячей водой (до 160 °С). Обладая вдвое большей, чем вода, плотностью, сера опускается в нижнюю часть залежи, откуда откачивается на поверхность. Подачу воды и откачку серы осуществляют через специальные скважины, а управление процессом ведут регулированием давления и расхода воды. Извлечение серы зависит от текстурно-структурных особенностей руд, проницаемости продуктивной толщи, водоупорных качеств подстилающих и перекрывающих пород. При низкой проницаемости руд ее увеличивают путем солянокислой обработки скважин, проведением гидроразрывов продуктивной толщи и др., а при высокой – уменьшают кольматацией (уплотнением) сероносных пластов. Получаемая при ПВС сера отличается высокой чистотой (99,9 %). Минимальным является содержание серы в исходной руде 9–10 %.

41. Для извлечения серы из добытых открытым способом руд применяются несколько методов и схем переработки:

комбинированный, включающий флотационное обогащение руды и получение серы из концентратов главным образом выплавкой в автоклавах, а также фазовым обменом, флокуляцией или другими способами;

термический, при котором серу получают в результате выплавки или испарения ее из кусков дробленной руды;

пароводяной, заключающийся в обработке дробленной руды в автоклавах острым паром или перегретой водой;

экстракционный, основанный на извлечении серы из руд при помощи сорбентов.

В странах СНГ наибольшее распространение получил комбинированный способ. Применение этого способа позволяет использовать почти все разновидности серных руд при минимальном содержании в них серы (5–8 %), обладающей высокой природной гидрофобностью. Режим флотации и плавки, кроме содержания серы в рудах, в значительной степени зависит от наличия примеси битумов, растворимого в воде гипса, тонкодисперсных глинистых шламов, от степени дисперсности серы, формы и размеров ее зерен и от минерального состава вмещающей породы. Для непосредственной плавки без обогащения требуются руды с содержанием серы не ниже 15–20 %.

Промышленные технологические схемы переработки руд достаточно однотипны (месторождения Роздольское и др.) и являются одностадиальными при обогащении. Они включают дробление, измельчение, крупность которого зависит от текстурно-структурных особенностей руд (обычно не менее 65–70 % класса –0,074 мм), основную,

контрольную и несколько перечистных операций флотации. Готовый концентрат после сгущения подвергается автоклавной плавке, хвосты которой охлаждают и затем повторно флотируют с направлением концентрата в общий цикл автоклавной плавки. Крупнозернистая часть хвостов (+0,074 мм) после их классификации используется в сельском хозяйстве для подкисления почв. Флотацию серных руд осуществляют с применением сочетания реагентов с аполярными молекулами (осветительный керосин или трансформаторное масло – собиратели) и реагентов с гетерополярными молекулами (скипидар, сосновое масло – пенообразователи). В качестве реагентов-регуляторов используются пирофосфат натрия, сода с жидким стеклом, которые также пептизируют тонкие шламы и подавляют флотацию битуминизированной пустой породы. Эти регуляторы позволяют обеспечить получение в случае необходимости очень богатых концентратов с содержанием серы 96–97,5 %, которые могут быть использованы без последующей автоклавной плавки. На зарубежных фабриках хорошие результаты получены при применении в качестве собирателя-вспенивателя метилизобутилкарбинола.

При флотации руд получаемые концентраты содержат 70–85 % серы (при ее извлечении до 90–95 %). При их автоклавной плавке сера переходит в товарный продукт, и суммарное ее извлечение составляет 75–90 %.

42. К наиболее трудновыплавляемым и труднообогатимым относятся массивные и тонковкрапленные руды, в которых сера находится в дисперсно-рассеянном виде с зёрнами и агрегатами неправильной формы, образуя тонкие и сложные взаимопрорастания с породообразующими минералами (кальцитом).

Легкообогатимыми и средневывплавляемыми являются руды со скрытокристаллической серой, гнездовой и прожилковой текстур, с относительно крупными размерами вкраплений и те, в которых отсутствуют сложные сростки кристаллических индивидов серы с вмещающими породами.

Легкообогатимыми и легковыплавляемыми являются руды вкрапленной, гнездовой, прожилковой и полосчатой текстур, в которых сера представлена кристаллическими формами, при значительной их кавернозности и соответственно проницаемости.

43. Перспективными направлениями совершенствования технологии фабричной переработки серных руд различных типов являются:

применение процессов радиометрической сепарации кускового материала после крупного дробления (–200 мм). Например, для руд, в которых основа породообразующего комплекса представлена кальцитом и доломитом, эти компоненты при благоприятном гранулярном составе сырья и наличии достаточной контрастности по сере могут быть выделены в кусковые отвальные хвосты с помощью рентгенолюминесцентного метода сепарации. Исследование свойств руд и оценка возможности их радиометрического обогащения проводится в соответствии с СТО РосГео 08-009-98 «Твердые негорючие полезные ископаемые. Технологические методы исследования минерального сырья. Радиометрические методы обогащения», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Российского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6);

для повышения эффективности флотационного цикла, особенно при переработке неравномерно- или тонковкрапленных труднообогатимых руд (месторождение Подороженское), целесообразны развитые двухстадиальные схемы или применение предварительной термообработки для раскрытия сростков, а также подача собирателя в пульпу в виде аэрозоля;

флотация водой примесей в среде расплавленной серы – метод фазового обмена. Флотационный концентрат фильтруется, плавится при температуре 120–125 °С, посту-

пает в разделитель, куда при перемешивании массы подается раствор хлористого магния. Частицы пустой породы образуют гранулы, всплывают на поверхность и удаляются.

Качество самородной серы, получаемой при переработке серных руд, и газовой, извлекаемой попутно при металлургической переработке продуктов обогащения сульфидных руд и при очистке газов от сероводорода, в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком (рудником) и потребителем или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

Далее в табл. 4–6 и тексте приведены для сведения технические условия и нормируемые показатели на серу, которые могут быть использованы в качестве ориентировочных.

Таблица 4

**Перечень основных стандартов и технических условий на серу
и получаемые из нее продукты**

ГОСТ 127.1–93	Серу техническая. Технические условия
ОСТ 84-852–73	Серу для дымных порохов. Технические условия.
ТУ 6-02-1213–81	Серу хлорная техническая
ТУ 6-23-7–82	Серу полимерная
ТУ 6-23-8–81	Серу растворенная тонкодисперсная
ТУ 6-09-2546–77	Серу элементная марки ОСЧ 16–5, ОСЧ 15–3, ОСЧ 14–4
ТУ 6-23-450	Серу техническая гранулированная
ТУ 6-23-01	Серу молотая
ТУ 113-04-327	Серу 80 % смачивающий порошок
ТУ 6-23-2	Серу техническая жидкая отфильтрованная
ГОСТ 10585–99	Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия
ГОСТ 305–82	Топливо дизельное. Технические условия
ТУ 6-23-3–80	Удобрения известняково-серные

Таблица 5

Сортность и нормируемые показатели качества серы технической

Показатели	Норма для природной серы (%) по сортам			
	9995	9990	9950	9920
1	2	3	4	5
Массовая доля серы, не менее	99,95/99,98	99,90/99,95	99,50/99,90	99,20/99,00
Массовая доля золы, в т.ч. Fe, Mn, Cu, не более	0,03/0,02	0,05/0,03	0,2/0,05	0,4/0,4
Массовая доля кислот в пересчете на серную кислоту, не более	0,002/0,0015	0,004/0,003	0,01/0,004	0,02/–
Массовая доля органических веществ, не более	0,03/0,01	0,06/0,03	0,25/0,06	0,5/0,50
Массовая доля Se, не более	0,000	0,000	0,000	0,04
Массовая доля Fe, не более	0,02	0,02	0,02	Не нормируется
Массовая доля Mn, не более	0,001	0,001	0,001	«
Массовая доля Cu, не более	0,001	0,001	0,001	«
Массовая доля воды, не более	0,1	0,2	1,0	1,0
Механические загрязнения (бумага, дерево, песок и др.)	Не допускается			

1	2	3	4	5
<p>Примечания:</p> <p>1. Массовая доля – в пересчете на сухое вещество.</p> <p>2. В знаменателе норма для газовой серы.</p> <p>3. Нормы по Fe, Mn, Cu – для молотой серы.</p> <p>4. Для жидкой отфильтрованной серы сортов 9995 и 9990 массовая доля золы не должна быть более 0,007 %, для других сортов – не более 0,015 %, а для жидкой серы сорта 9998 – не более 0,008 %.</p> <p>5. В молотой природной сере сортов 9995 и 9990 для резиновой и минеральной промышленности массовая доля воды не должна быть более 0,05 %.</p>				

Таблица 6

Нормируемые показатели качества серы молотой

Показатели	Норма, %
Содержание серы, не менее	99,9
Содержание золы, не более	0,05
Кислотность в пересчете на серную кислоту, не более	0,005
Содержание органических веществ, не более	0,06
В т.ч. углерода, не более	0,048
Содержание мышьяка, не более	Отсутствие
Содержание влаги, не более	0,05
Остаток на сите 014К	0,000

Сера, используемая в целлюлозно-бумажной промышленности, не должна содержать селен. В сере для сероуглеродной промышленности и производства серной кислоты по короткой схеме иногда (по требованию потребителей) ограничивается содержание битумов: в сере 1-го сорта оно не должно превышать 0,15 %.

В сере, применяемой для выработки искусственного волокна, вредными примесями являются битумы и мышьяк. Эти же примеси делают серу непригодной для резиновой промышленности. Для некоторых резиновых изделий используются специальные сорта особо чистой серы. Жесткие требования предъявляются к сере в производстве взрывчатых веществ, где она должна быть лишена малейших примесей кремнезема, препятствующего горению. Сера, лишенная примесей, требуется и в производстве красителей; для производства светящихся красок используется особо чистая сера, освобожденная как от минеральных примесей, так и от следов железа и мышьяка. Сера, потребляемая фармацевтической промышленностью, должна быть практически очищена от песка и содержать мышьяка не более 0,002 %. В пищевой промышленности, применяющей серу как дезинфицирующее или отбеливающее средство, а также для рафинирования продукции, особо жесткие требования к сере предъявляются в отношении содержания мышьяка. При использовании серы в сельском хозяйстве примеси битумов не являются вредными, так как темная окраска способствует возрастанию сублимации при повышении температуры воздуха.

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

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

сквозное извлечение и др.).

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

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке, необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

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

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

45. Гидрогеологические условия месторождения должны быть детально изучены и отображены на гидрогеологической карте масштабов 1:1000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности строения месторождения).

Гидрогеологическая карта (и карта водопроницаемости – для ПВС) и разрезы к ней должны отражать основные гидрогеологические особенности месторождения, фильтрационные свойства пород серной залежи и вмещающих пород и т.п., а для условий ПВС, кроме того, – водопроницаемость серной залежи в плане и в разрезе, литологические особенности пород и мощность водоупорных горизонтов, высоту напора подземных вод над водоупорной кровлей, а также характеристики водоносных горизонтов, лежащих выше и ниже водоносного горизонта серной залежи.

46. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, необходимые для расчета возможных водопритоков в горные выработки и разработки водопонижительных и дренажных мероприятий. Необходимо также:

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

оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них 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 их эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится, руководствуясь соответствующими методическими документами.

При разведке месторождений, разработка которых намечается методом ПВС, необходимо установить:

фильтрационные, коллекторские и водоупорные свойства слагающих месторождение пород и серных руд, условия питания и разгрузки водоносных горизонтов, наличие взаимодействия между ними, химический и газовый состав подземных вод, его изменения в плане и разрезе и температуру подземных вод;

гидрогеологические параметры: водопроницаемость и пьезопроводность, а также их изменение в плане и разрезе, напоры подземных вод;

крупные водопроводящие системы макропустот (карстовые полости, зоны дробления и др.);

эффективность применения различных методов искусственного улучшения фильтрационных свойств серных руд, возможные изменения гидродинамических условий залежи при эксплуатации методом ПВС и влияние последних на действующие карьеры и систему их осушения, а также на изменение химического и газового состава подземных вод.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации для проектирования рудника по способам осушения геологического массива, водотводу, по утилизации дренажных вод, источникам водоснабжения и природоохранным мерам.

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

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить 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 должны быть изучены: физико-механические свойства серных руд, вмещающих и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии; литологический и минеральный состав пород, их трещиноватость, слоистость и сланцеватость, развитие карста, а также возможность возникновения оползней, селей, лавин и других физико-геологических явлений, которые могут осложнить разработку месторождения.

При разведке месторождений, намечаемых к разработке методом ПВС, необходимо определить эффективную проницаемость, а также предел прочности вмещающих пород

на сжатие, изгиб, растяжение, модуль их упругости и другие свойства. С этой целью из керна диаметром не менее 75 мм отбираются пробы длиной 15 см. Пробы для указанных исследований должны характеризовать каждый тип руд месторождения, а также покрывающие и подстилающие серную залежь породы, которые определяют условия ее гидроизоляции при разработке методом ПВС. Теплопроводность и теплоемкость пласта изучаются при проведении технологических испытаний.

Наиболее детально следует изучить физико-механические свойства пород, определяющие устойчивость бортов карьеров и влияние состава пород на здоровье человека. Необходимо исследовать природную газоносность серных месторождений; при наличии сероводорода, углеводородов – установить состав и источники газовыделений, пути миграции газов, определить газоносность различных стратиграфических и литологических горизонтов и тектонических структур, связь газоносности с трещиноватостью и обводненностью пород, оценить интенсивность выделения газов на различных глубинах разработки. Объем и методика этих исследований определяются конкретными геологическими особенностями месторождения.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в бортах карьера и для расчета основных параметров карьера.

Для районов с развитием многолетнемерзлых пород необходимо определить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной зоны, контуры и глубины распространения таликов, изменение физических свойств пород при оттаивании и промерзании, оценить влияние разработки месторождения на окружающую среду.

При наличии в районе разрабатываемых месторождений, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени их обводненности и инженерно-геологических условиях горных выработок и установок ПВС, а также о применяемых способах разработки серных руд и мероприятиях по осушению этих месторождений.

Добыча серных руд, в зависимости от глубины их залегания и геологических условий, осуществляется открытыми горными работами (мощность осерненного горизонта не менее 1 м) или методом подземной выплавки (ПВС) месторождений, залегающих на глубине свыше 100 м (мощность осерненного горизонта более 2 м).

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

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

50. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в качестве их вскрышных пород изучаемого месторождения.

51. Основная цель экологических исследований заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и

т.д.); определены 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.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

При разработке месторождения способом ПВС экологическую опасность представляет нарушение гидрогеологического режима подземных вод (прорывы нагнетаемых вод, появление грифонов расплавленной серы и др.), что может привести к изменению состава вод, используемых в питьевых и других целях.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

52. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

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

VI. Подсчет запасов

54. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений самородной серы производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

55. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество самородной серы;

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

выдержанностью условий залегания серных залежей, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
общностью горнотехнических условий разработки.

По падению серных залежей подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

56. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений самородной серы.

Запасы категории А при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных скважинами и горными выработками. На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

Выделенные промышленные (технологические) типы и сорта, а также внутренние некондиционные участки должны быть изучены в степени, исключающей другие варианты их оконтуривания.

При намечаемом использовании метода ПВС запасы категории А подсчитываются только на разрабатываемых месторождениях в контуре эксплуатационных скважин.

Запасы категории В при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей серных залежей, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, а также скважинам эксплуатационной разведки с включением на месторождениях 1-й группы (кроме разрабатываемых методом ПВС) зоны геологически обоснованной экстраполяции, ширина которой не превышает половины расстояния между выработками, принятого для запасов категории В. Выделенные промышленные (технологические) типы и сорта руд и внутренние некондиционные участки должны быть по возможности оконтурены; при невозможности оконтуривания допускается статистическое определение их соотношений.

На месторождении (участке), намеченном к разработке методом ПВС, запасы категории В подсчитываются в контурах разведочных выработок по данным опытной добычи или по аналогии с другими месторождениями (участками), разрабатываемыми этим методом, подтвержденной результатами лабораторных технологических исследований по выплавляемости серных руд.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к данной категории.

К категории С₁ относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. Контуров запасов категории С₁, как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных залежей – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей залежей и качества руд.

Для месторождения, намечаемого к разработке методом ПВС, запасы категории

C_1 подсчитываются в контуре выработок, в которых фильтрационные свойства, водопоглощение и водопроницаемость залежи свидетельствуют о принципиальной возможности ее разработки методом ПВС, а также в зоне геологически и технологически обоснованной экстраполяции, ширина которой не должна превышать половину расстояния между выработками, принятого для категории C_1 .

Запасы категории C_2 подсчитываются по конкретным серным залежам путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-структурных построений и установленных закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний серы.

Представления о характере распределения и соотношении промышленных (технологических) типов пород, а при намечаемой разработке методом ПВС – о фильтрационных свойствах и других показателях, обуславливающих возможность применения этого метода, принимаются по аналогии с более разведанными участками месторождения или по данным единичных разведочных пересечений.

57. Ширина зоны экстраполяции в каждом конкретном случае для всех категорий запасов должна быть обоснована фактическими материалами. Не допускается экстраполяция в направлении зон тектонических нарушений, выклинивания и расщепления пластов, ухудшения качества руд и горно-геологических условий их разработки, а при намечаемой разработке месторождения методом ПВС – также в направлении ухудшения фильтрационных свойств залежи и других показателей (с учетом возможности их искусственного улучшения), влияющих на разработку месторождения этим методом.

58. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, методом ПВС), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). При разделении запасов по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

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.).

Балансовые и забалансовые запасы самородной серы подсчитываются без учета влажности с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

59. 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.

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

61. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам,

условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению залежей, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных уполномоченным экспертным органом); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных уполномоченным экспертным органом запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

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 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 необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных уполномоченным экспертным органом 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.

62. В последние годы при подсчете запасов месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метров процентов) и их оценивания, с установлением 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 (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и интервалам опробования – в случаях, когда исключается возможность изучения вертикальной изменчивости оруденения по составным пробам.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее 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 должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться 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 установления оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться путем сравнения с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

63. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена 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 условиями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции залежей 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.

64. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

65. 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) самородной серы 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 11 декабря 2006 г. № 278.

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

66. На оцененных месторождениях серы должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для 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 C_2 и, частично, C_1 .

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.

Для детального изучения морфологии залежей, 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 работ 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 должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

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

ОПР целесообразна при освоении крупных и очень крупных месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству основных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

67. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологи-

ческие свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены 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 или захоронения;

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 природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;

достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии залежей, 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;

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 C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой материалов подсчета запасов. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения залежей, 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 качества;

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 нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 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.

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

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

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

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

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

(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_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

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

(1.2)

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

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

(1.3)

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

(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_{cp} и C_{cp} .

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

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

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

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