ТИПОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ И УЧЕТУ ПОТЕРЬ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ

gost.e-ecolog.ru

Утверждено
Госгортехнадзором СССР
28.03.72

ТИПОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ И УЧЕТУ ПОТЕРЬ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ

Типовые методические указания по определению и учету потерь твердых полезных ископаемых при добыче разработаны АН СССР с участием научно-исследовательских организаций отраслевых министерств горнодобывающей промышленности и утверждены Госгортехнадзором СССР.

Типовые методические указания являются обязательными при разработке соответствующих отраслевых инструкций министерств и ведомств, осуществляющих добычу твердых полезных ископаемых.

Решение практических вопросов рационального использования ресурсов минерального сырья, месторождения которых являются общенациональным достоянием, должно основываться на достоверном учете полноты и качества извлечения твердых полезных ископаемых из недр. В настоящих типовых методических указаниях, призванных унифицировать учет извлечения и потерь различных

видов твердых полезных ископаемых, изложены основные положения и принципы, предназначенные для составления отраслевых инструкций. Под отраслевой инструкцией понимается документ, действующий в конкретной отрасли горнодобывающей промышленности, определяющий порядок и методы расчета показателей извлечения полезных ископаемых из недр и их потерь при добыче с учетом основных принципов и положений, принятых в Типовых методических указаниях, а также специфических условий, характерных для соответствующей отрасли.

Типовые методические указания предусматривают: использование в качестве учетных показателей извлечение количества и изменение качества полезных ископаемых при их разработке, кроме ранее принятого показателя потерь полезных ископаемых из балансовых запасов; классифицирование потерь по месту их образования, дифференцированное определение потерь по видам наиболее достоверными методами.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Типовые методические указания предназначаются для унификации определения и учета показателей, характеризующих полноту и качество извлечения из недр твердых полезных ископаемых при добыче на всех горных предприятиях СССР.

1.2. Типовые методические указания содержат требования к полноте и достоверности определения и учета использования запасов полезных ископаемых из недр, общие для всех отраслей горнодобывающей промышленности; предназначены для организаций, ведущих проектирование, строительство горных предприятий и разработку месторождений твердых полезных ископаемых, а также организаций, осуществляющих частичную (попутную) разработку месторождений при производстве геологоразведочных работ.

1.3. Извлечение полезного ископаемого из недр. Полнота извлечения запасов полезного ископаемого из недр выражается коэффициентом извлечения полезного ископаемого из недр $К_н$. Для полезных ископаемых, качество которых характеризуется содержанием полезного компонента, этот коэффициент выражается отношением количества полезного компонента в добытом полезном ископаемом $Да$ к количеству полезного компонента в погашаемых при разработке балансовых запасах $Бс$

$$К_н = \frac{Да}{Бс}, \qquad (1)$$

где $Д$ — количество добытого полезного ископаемого, т, м³;

$Б$ — количество погашаемых при добыче балансовых запасов полезного ископаемого, т, м³.

Количество погашаемых балансовых запасов определяется по результатам их подсчета на основе данных, полученных при подготовке запасов к добыче (запасы, готовые к выемке):

$а$ — среднее содержание полезных компонентов в добытом полезном ископаемом, %, кг/т, кг/м³, г/т, г/м³;

c — среднее содержание полезных компонентов в погашенных при добыче балансовых запасах полезного ископаемого, %, кг/т, кг/м³, г/т, г/м³.

Этот коэффициент характеризует полноту извлечения полезного ископаемого из недр при добыче и одновременно учитывает: фактические потери полезного ископаемого в недрах из балансовых запасов и привнос полезного компонента с примешиваемыми породами, частично компенсирующий потери; он отражает также снижение качества извлекаемого полезного ископаемого, вследствие оставления в недрах обогащенных участков месторождений или потери обогащенной мелочи, равно как и повышение качества вследствие оставления в недрах неизвлеченными более бедных частей месторождения.

При разработке угольных месторождений коэффициент извлечения из недр определяется по формуле

$$K_{н} = \frac{Д(100 - A_{д}^{c})}{Б(100 - A_{б}^{c})}, \qquad (2)$$

где $A_{б}^{c}$ и $A_{д}^{c}$ — зольность соответственно балансовых запасов и добытого угля, %.

Если известно количество породы, засорившей добытый уголь, извлечение угля из балансовых запасов можно определить по формуле

$$K_{б} = \frac{Д - В}{Б},$$

где $В$ — количество разубоживающих пород, т, м³.

Для полезных ископаемых, качество которых при разработке не характеризуется содержанием полезного компонента, коэффициент извлечения из недр выражается отношением валовой ценности 1 т добытого полезного ископаемого $ц_{д}$ к валовой ценности 1 т погашаемых при разработке балансовых запасов $ц_{б}$

$$K_{н} = \frac{Д ц_{д}}{Б ц_{б}}. \qquad (3)$$

1.4. Изменение качества полезного ископаемого при добыче выражается коэффициентом изменения качества при добыче $K_{к}$ — отношением показателей качественной характеристики добытого полезного ископаемого и погашенных балансовых запасов.

При разработке всех монометаллических, некоторых полиметаллических месторождений, а также месторождений горнохимического сырья коэффициент изменения качества при добыче можно выражать отношением содержаний полезного компонента в добытом полезном ископаемом и в погашенных балансовых запасах

$$K_{к} = \frac{a}{c}. \qquad (4)$$

При разработке угольных месторождений

$$K_к = \frac{100 - A_д^с}{100 - A_б^с}. \quad (5)$$

При разработке сланцевых месторождений коэффициент изменения качества можно выражать как отношение теплоты сгорания добытого сланца $T_д$ к теплоте сгорания его балансовых запасов $T_б$

$$K_к = \frac{T_д}{T_б}. \quad (6)$$

Коэффициент изменения качества можно выражать также отношением валовых ценностей 1 т добытого полезного ископаемого $ц_д$ и 1 т балансовых запасов $ц_б$:

$$K_к = \frac{ц_д}{ц_б}. \quad (7)$$

Такое выражение $K_к$ удобно для определения изменения качества тех полезных ископаемых, ценность которых определяется не содержанием полезных компонентов, а сортностью, например выходом товарных блоков (при добыче стройматериалов), размером добытых кусков (при добыче пластин слюды), показателями физико-механических свойств (при добыче строительного щебня) и др. Через отношение валовых ценностей целесообразно выражать также коэффициент изменения качества многокомпонентных руд.

1.5. Коэффициент извлечения из недр и коэффициент изменения качества полезного ископаемого являются для каждого предприятия, ведущего разработку месторождений твердых полезных ископаемых, учетными показателями наряду с показателем потерь полезного ископаемого при добыче.

1.6. Определение и учет показателей извлечения и потерь твердых полезных ископаемых при добыче ведутся в целях:

а) контроля за соблюдением проектных и нормативных показателей полноты и качества отработки запасов полезных ископаемых;

б) совершенствования технологии процессов добычи и переработки на основе технико-экономических расчетов с целью достижения наибольшей экономической эффективности работы предприятий, ведущих добычу и переработку минерального сырья с учетом интересов народного хозяйства в целом.

1.7. Потери при добыче:

а) потери полезного ископаемого — это часть балансовых запасов полезного ископаемого, не извлеченная из недр при разработке месторождений, добытая и направленная в породные отвалы, оставленная в местах складирования, погрузки, на транспортных путях горного производства. Потери полезного ископаемого характеризуются коэффициентом потерь $п$, который выражается отношением количества потерянных балансовых запасов $П$ к количеству погашенных балансовых запасов $Б$;

б) потери полезного компонента — это количество полезного компонента, содержащегося в потерянном полезном ископаемом.

Потери полезного компонента характеризуются коэффициентом потерь полезного компонента $n_к$, выражающимся отношением количества потерянного полезного компонента $Пс_п$ к количеству полезного компонента в погашенных балансовых запасах $Бс$

$$n_к = \frac{Пс_п}{Бс},$$

где $c_п$ — среднее содержание полезных компонентов в потерянном полезном ископаемом, %, кг/т, кг/м³, г/т, г/м³.

1.8. Потери качества полезного ископаемого (разубоживание) — это происходящее в процессе добычи снижение содержания полезного компонета или полезной составляющей в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием их в массиве (в балансовых запасах) вследствие примешивания к нему пустых пород или некондиционного полезного ископаемого, а также вследствие потерь части полезного компонента или полезной составляющей в виде обогащенной мелочи, вследствие выщелачивания полезного компонента и т. п.

Разубоживание полезного ископаемого характеризуется коэффициентом разубоживания (коэффициентом потерь качества), который выражается отношением разности между содержаниями полезного компонента в погашенных балансовых запасах c и в добытом полезном ископаемом a к содержанию в погашенных балансовых запасах

$$p = \frac{c-a}{c}.$$

Как следует из формулы (4), коэффициент изменения качества

$$p = 1 - K_к.$$

При разработке угольных, сланцевых и торфяных месторождений коэффициент потерь качества можно соответственно определить по теплотворной способности или по зольности топлива:

$$p = \frac{A^c_д - A^c_б}{100 - A^c_б}; \quad p = \frac{T_б - T_д}{T_б}.$$

1.9. Учет потерь и разубоживания также является обязательным для всех горнодобывающих предприятий.

1.10. Методические указания по оперативному определению исходных величин и размеров потерь и разубоживания при добыче изложены в приложениях 2 и 3.

1.11. Определение величины и учета потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче ведется главным образом с целью

выявления мест потерь, определения сверхнормативных потерь, причин их образования; разработки конкретных мероприятий по их уменьшению, а также для решения вопросов, связанных с извлечением ранее потерянных запасов полезных ископаемых при повторной разработке месторождения (участка).

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОТЕРЬ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

2.1. Классифицирование потерь твердых полезных ископаемых производится для:

единообразного учета потерь полезных ископаемых по видам в процессе разработки месторождений;

контроля за полнотой извлечения полезного ископаемого из недр на различных стадиях технологического процесса добычи;

решения практических задач по рациональному использованию недр — сравнения уровня и анализа видов потерь на различных предприятиях горной промышленности при различных системах и технологии разработки; выявления экономических последствий, вызываемых потерями; установления нормативов потерь определения сверхнормативных потерь и причин их образования.

2.2. Классификация потерь твердых полезных ископаемых является единой для всех отраслей горнодобывающей промышленности, ведущих разработку месторождений твердых полезных ископаемых.

2.3. На основе «Единой классификации» в отраслевых инструкциях могут составляться отраслевые классификации, учитывающие особенности и специфику данной отрасли.

2.4. Под общешахтными (общерудничными, общекарьерными, общеприисковыми) потерями понимаются запасы в различного рода охранных целиках, которые оставляются в недрах после погашения горизонта, участка или ликвидации горнодобывающего предприятия и безвозвратно теряются. До этого они должны находиться на учете, как временно неактивные запасы.

Если охранные целики являются временными и проектом предусмотрена полная или частичная их отработка, запасы в них не относятся к потерям и числятся как временно неактивные запасы.

Общешахтные потери исчисляются в весовых единицах и в процентах от общих балансовых запасов шахты (карьера, рудника, прииска).

2.5. К эксплуатационным относятся потери при добыче полезного ископаемого. Они исчисляются в весовых единицах и в процентах по отношению к погашаемым балансовым запасам полезного ископаемого.

2.6. По физическому состоянию теряемого полезного ископаемого и стадии технологического процесса добычи, на которой потери возникли, эксплуатационные потери делятся на две группы:

потери полезного ископаемого в массиве;

потери отделенного от массива (отбитого) полезного ископаемого.

2.7. Потери в каждой группе разделяются на виды по единому признаку — месту их образования.

2.8. Фактические потери сопоставляются с нормативными. Превышение фактических потерь над нормативными (сверхнормативные потери) следует считать результатом неправильного ведения горных работ или непредвиденных изменений горно-геологических условий.

2.9. Уровень потерь (нормативных и фактических) по применяемым системам разработки устанавливается суммированием потерь 1-го, 2-го, 3-го, 5-го и 6-го видов первой группы, а также 1-го и 2-го видов второй группы.

2.10. При составлении отраслевых классификаций допускается сокращение или дальнейшее деление видов, обусловленное горно-геологическими или технико-экономическими особенностями эксплуатации месторождений полезных ископаемых данной отрасли или применяемых способов разработки.

ЕДИНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОТЕРЬ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

I класс. Общешахтные (общерудничные, общекарьерные, общеприисковые) потери

Потери в охранных целиках около капитальных горных выработок, скважин, под зданиями, техническими и хозяйственными сооружениями, водоемами, водоносными горизонтами, коммуникациями, заповедными зонами; в барьерных целиках между шахтными полями.

II класс. Эксплуатационные потери

Группа I.
Потери полезного ископаемого в массиве

1. В недоработанной части целиков у подготовительных выработок (междублоковые, междупанельные, междуэтажные целики).
2. В целиках внутри выемочного участка (блока, камеры, панели, столба, карьерного поля, дражного полигона).
3. В лежачем, висячем боках (в почве, кровле), по верхней и нижней границам контура рудного тела, пласта, залежи, в бортах карьера.
4. В местах выклинивания и на флангах пласта, залежи, рудного тела.
5. Между выемочными слоями.
6. В подработанных частях залежи (пласта, рудного тела).
7. В целиках пожарных, затопленных, завалепных участков.
8. В целиках у геологических нарушений.

Группа II

Потери отделенного от массива (отбитого) полезного ископаемого

1. В подготовительных и очистных забоях при совместной выемке и смешивании с вмещающими породами.
2. Оставленного в выработанном пространстве:
а) от смешивания с обрушенными породами при выпуске;
б) на лежачем боку (почве), на уступах, на днище блока.
3. В местах обрушений, в завалах, в пожарных и затопленных участках.
4. В местах погрузки, разгрузки, складирования, сортировки, на транспортных путях горного предприятия.

3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УЧЕТУ

3.1. Организации, ведущие проектирование и строительство горнодобывающих предприятий, а также разработку месторождений полезных ископаемых, обязаны:
а) включать в технические проекты отработки месторождений, блоков, панелей, уступов и других выемочных единиц расчеты экономически целесообразных значений показателей извлечения и потерь полезных ископаемых;
б) применять наиболее достоверные методы контроля за полнотой и качеством извлечения твердых полезных ископаемых из недр при добыче.
3.2. Обязательными условиями для обеспечения оперативного и достоверного определения показателей полноты и качества извлечений, а также потерь полезных ископаемых при добыче являются:
а) достоверность подсчета готовых к выемке запасов полезных ископаемых;
б) организация на предприятии точного учета количества и качества добываемого полезного ископаемого раздельно по каждому участку, уступу, блоку, лаве, забою.
Если по горнотехническим или геологическим условиям разработки месторождения невозможно или трудно обеспечить достоверное определение количества извлекаемых полезных ископаемых раздельно по каждой выемочной единице, допускается с разрешения вышестоящей организации и по согласованию с органами Госгортехнадзора СССР учет этих показателей производить по группам смежных выемочных единиц (двух, трех и более) или по горизонту, или по предприятию в целом.
3.3. Определение, учет и оценку достоверности показателей полноты и качества извлечения, а также потерь твердых полезных ископаемых при добыче осуществляют маркшейдерская и геологическая службы горных предприятий с привлечением при необходимости других подразделений и служб.
Ответственным лицом за организацию своевременного и досто-

верного учета является главный инженер горнодобывающего предприятия.

3.4. Методы определения исходных величин, используемых при расчете потерь и коэффициентов извлечения полезных ископаемых, должны быть изложены в отраслевых инструкциях и методиках по определению:

а) количества добытых и погашенных балансовых запасов;

б) объемного веса полезного ископаемого;

в) содержания полезных и вредных компонентов в добываемом полезном ископаемом;

г) теплоты сгорания топлива;

д) влажности полезного ископаемого в массиве и отбитом виде;

е) коэффициентов разрыхления,

а также по опробованию отвалов и закладки и т. д.

3.5. При многокомпонентных рудах извлечение и потери должны учитываться по всем полезным компонентам, имеющим промышленное значение.

Конкретное решение данного вопроса должно быть рассмотрено в отраслевой инструкции.

3.6. Величина погашенных балансовых запасов устанавливается после отработки блока, уступа, панели, слоя, этажа, участка, залежи и т. д. К погашенным запасам относятся как извлеченные, так и оставшиеся не извлеченными из недр балансовые запасы полезного ископаемого, величина которых должна быть откорректирована в процессе эксплуатации месторождения.

3.7. К потерям твердых полезных ископаемых при добыче относятся все виды потерь в недрах, а также на поверхности в отвалах, на транспортных путях горного предприятия, при сортировке, выборке породы, складировании и других технологических процессах горного производства.

3.8. Учет потерь полезных ископаемых должен отражать конкретные места их образования, состояние потерянного полезного ископаемого, стадию производственного процесса и отклонение от нормативного уровня.

3.9. Причины отклонения потерь от нормативного уровня в необходимых случаях должны устанавливаться на основе специального изучения этого вида потерь техническим руководством предприятия, его геолого-маркшейдерской службой. Причины сверхнормативных потерь устанавливаются в порядке, определяемом отраслевыми инструкциями.

Нормативы потерь полезных ископаемых разрабатываются горнодобывающим предприятием и утверждаются вышестоящей организацией в соответствии с установленной методикой по согласованию с органом Госгортехнадзора СССР.

3.10. Потери неотбитого полезного ископаемого в недоработанных участках и контуре месторождения подлежат отражению в маркшейдерской и геологической документации с соблюдением принятых условных обозначений.

КНИГА

полноты извлечения и потерь запасов при разработке . . . . .

Наименование пласта, залежи, рудного тела и т. д.	Горизонт, № блока, лавы, камеры, панели, уступа	Дата погашения (акт № . . от)	Погашено запасов		Извлечено (добыто)	
			полезного ископаемого, тыс. т, м³	среднее содержание полезных компонентов, % гр/т, гр/м, руб/т	полезного ископаемого тыс. т, м³	среднее содержание полезных компонентов, % гр/т, гр/м, руб/т

3.11. Определение потерь должно производиться преимущественно прямыми методами.

При невозможности по условиям технологии ведения горных работ применения прямых методов могут быть использованы косвенные методы.

Методы определения отдельных видов фактических потерь полезных ископаемых при добыче рассмотрены в приложении 2.

3.12. Номенклатура (перечень) учитываемых предприятием видов потерь устанавливается отраслевой инструкцией и обусловливается, в первую очередь, народнохозяйственной ценностью добываемого вида полезного ископаемого, причем потери высокоценных полезных ископаемых должны определяться с наибольшей тщательностью и достоверностью.

3.13. Порядок учета полноты использования запасов полезных ископаемых. Горнодобывающие предприятия учитывают полноту использования запасов и потерь полезных ископаемых по показателям, характеризующим извлечение запасов из недр: коэффициенту извлечения из недр, коэффициенту изменения качества, а также по потерям полезных ископаемых при добыче. Значения показателей должны быть соответственно определены согласно формулам (1—4) для погашенных запасов блока, уступа, панели, слоя, этажа, участка, залежи после полного завершения в них очистных работ или цикла.

3.14. Учет показателей извлечения и потерь полезных ископаемых ведется в специальной книге, типовая форма которой приведена в приложении 1. Эта форма может быть уточнена в отраслевых инструкциях.

По отработанным полностью блокам, панелям, лавам, уступам предприятие определяет величину извлечения и размеры эксплуатационных потерь и заносит их в указанную книгу. Конкретные сроки заполнения книги устанавливаются в отраслевых инструк-

Приложение 1
(примерная форма)

УЧЕТА

месторождений (шахтного, карьерного поля, отдельного участка)

Коэффициент извлечения из недр $K_н$		Коэффициент изменений качества $K_к$		Потеряно			
				Всего полезного ископаемого, тыс. т (% к погашенным запасам)		В том числе по видам	
нормативный	фактический	нормативный	фактический	норматив	фактически	норматив	фактически

циях. Данные книги учета используются при списании запасов с баланса горнодобывающих предприятий.

Горнодобывающее предприятие в процессе вскрытия и отработки месторождения заполняют устанавливаемую отраслевой инструкцией форму учета общешахтных целиков, в которую заносятся также общешахтные (общерудничные, общекарьерные, общеприисковые) потери.

Фактические общешахтные потери отражаются в книге (приложение 1) при определении итоговых потерь по погашенному горизонту, залежи, рудному телу и по месторождению в целом.

3.15. К потерям относятся запасы во временных целиках при:

а) полной потере целиков запасы в них списываются по мере погашения охраняемых целиками выработок;

б) при частичной потере запасов в целиках — по мере отработки этих целиков.

3.16. Балансовые запасы, оказавшиеся в процессе разработки некондиционными или не подтвердившимися как потери, не учитываются, а списываются в соответствии с требованиями Положения о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий.

Приложение 2

Методы определения размеров потерь полезных ископаемых

Прямые методы. Количество полезного ископаемого, оставленного в недрах (потери), может быть установлено замерами в натуре или по геолого-маркшейдерским планам и разрезам при достоверном оконтуривании и опробовании залежей полезного ископаемого или очистных участков на стадии эксплуатационной разведки и после окончания очистных работ.

В междуэтажных, междублоковых, междукамерных, междупанельных целиках и целиках внутри выемочного участка потери полезного ископаемого

определяются на основе результатов маркшейдерских инструментальных, звуколокационных и радиолокационных съемок, нанесенных на планы и разрезы [1].

Потери в целике

$$П_{ц} = S_{ц} h \gamma_{м}, \text{ т},$$

где $S_{ц}$ — средняя площадь сечения целика, м²;

h — средняя высота целика, м;

$\gamma_{м}$ — объемный вес полезного ископаемого в массиве, т/м³.

Потери по контуру рудного тела, пласта, залежи — в лежачем и висячем боках (в почве, кровле) определяются на основе замеров площадей обнажения полезного ископаемого. Мощность потерянной части устанавливается: задиркой (при малой мощности); опробованием пройденных в ней горных выработок, скважин, шпуров; способами звуколокации, радиолокации, геофизической разведки.

Потери в кровле, почве, залежи

$$П_{к, п} = S_{об} m_{ср} \gamma_{м}, \text{ т},$$

где $S_{об}$ — площадь обнажения, м²;

$m_{ср}$ — средняя мощность потерянной части полезного ископаемого, м.

При разработке простых и выдержанных по мощности месторождений полезных ископаемых потери по контуру определяются по геолого-маркшейдерским планам и разрезам путем сопоставления контуров залежи и очистного участка полезного ископаемого и выработанной его части.

Потери между двумя соседними разрезами

$$П_{1-2} = \frac{S_1 + S_2}{2} l \gamma_{м}, \text{ т},$$

где $S_{1, 2}$ — площадь потерянной части месторождения, определенная на разрезе, м²;

l — расстояние между разрезами, м.

Общие потери устанавливаются суммированием потерь между соседними разрезами.

При сложной гипсометрии висячего и лежачего боков (кровли, почвы) месторождений полезных ископаемых потери по контуру определяются с помощью нанесенных на планы изомощностей потерянной части месторождения, построенных вычитанием изогипс поверхности контакта полезного ископаемого с вмещающими породами и поверхности, образованной в массиве после выемки полезного ископаемого.

Если участок уступа, отнесенный к вскрыше, включает полезное ископаемое, то потери

$$П_{в} = \sum_{i}^{n} l_i v_i \gamma_{м}, \text{ т},$$

где n — число скважин, вскрывших полезное ископаемое;

l_i — длина интервала полезного ископаемого в каждой скважине, вскрывшей полезное ископаемое, м;

v_i — выход горной массы с 1 м скважины, м³.

Потери полезного ископаемого, происходящие при совместной выемке его с вмещающими породами, направляемыми в отвалы или используемыми

---

[1] Если в потерянном целике полезного ископаемого пройдены выработки, то суммарный объем этих выработок вычитается из объема целика; из объема целика исключаются также суммарные объемы включений пустых пород и некондиционного полезного ископаемого, не учтенные при подсчете балансовых запасов.

в качестве закладочного материала, могут быть определены непосредственно в отвалах или транспортных сосудах:

$$П = M - B,$$

где M — количество некондиционной горной массы (смеси полезного ископаемого и вмещающих пород), направляемой в отвалы или закладку;
B — количество вмещающих пород в горной массе.

Такое определение потерь может быть рекомендовано для тех случаев, когда возможно простое и надежное установление количества полезного ископаемого или вмещающих пород, находящихся в отвалах или транспортных сосудах.

Потери полезного ископаемого, оставленного в выработанном пространстве на лежачем боку, почве, днище блока, уступе, определяются на основе инструментальных съемок поверхностей развалов или замеров их профиля.

Потери полезного ископаемого

$$П_{отб} = S_о \frac{\sum h_о}{n} \gamma_о, \text{ т},$$

где $S_о$ — отработанная площадь (за отчетный период), м²;
$\Sigma h_о$ — сумма измеренных толщ теряемого отбитого полезного ископаемого, м;
n — число замеров;
$\gamma_о$ — объемный вес отбитого полезного ископаемого, т/м³.

Потери полезного компонента в закладке, образующиеся при проникновении в нее мелких фракций полезного ископаемого, определяются по результатам опробования закладки (до укладки настила перед выемкой очередного слоя и после снятия настила). Потери полезного компонента (металла) в закладке

$$П_{м.\,з} = S_з h_{пр} \frac{c_з - c'_з}{100} \gamma_з, \text{ т},$$

где $S_з$ — среднее сечение заложенного выработанного пространства, м²;
$h_{пр}$ — глубина проникновения обогащенной мелочи в закладку, м;
$c_з$, $c'_з$ — среднее содержание полезного компонента соответственно до укладки и после снятия настила, %;
$\gamma_з$ — объемный вес обогащенной закладки, т/м³.

Потери полезного ископаемого (полезного компонента), смешанного при выпуске с обрушенными породами и оставленного в очистном пространстве, могут быть определены с помощью графиков изменения качества горной массы, выпускаемой через выработки блока (панели) [1].

По достижении браковочного содержания в дозах полезного ископаемого выпуск прекращается и оставшееся в выработанном пространстве полезное ископаемое, смешанное с породой, относится в потери.

Определение этого вида потерь графо-аналитическим методом состоит в следующем.

А. Проводятся наблюдения в горно-геологических условиях конкретного предприятия, в результате которых получают зависимость так называемого идеального процесса изменения качества полезного ископаемого при выпуске под обрушенными породами. Для этого, во-первых, выбирается выпускная выработка таким образом, чтобы выпуск полезного ископаемого через нее осуществлялся только под налегающими обрушенными породами (без проникновения в гравитационный поток разубоживающих пород из боковых контактов; во-вторых, ведется регулярный учет количества выпущенной горной массы и периодический контроль ее качества [2]; в-третьих, результаты наносятся на

---

[1] Для конкретных условий должна быть организована предварительная производственная проверка метода.

[2] Периодичность представительного опробования зависит от конкретных горно-геологических условий. Можно рекомендовать ежесменное взятие проб.

график, по оси абсцисс которого откладывается количество выпущенной массы $Д$, а по оси ординат — коэффициент изменения качества $K_к$; в-четвертых, строится эмпирическая кривая идеального процесса для данных горно-геологических условий.

Пример. На рисунке представлены зависимости 1 и 1′, характеризующие идеальный процесс снижения качества выпускаемого полезного ископаемого[1].

По оси абсцисс отложены количества выпущенной горной массы; по оси ординат — вниз (в убывающем порядке) коэффициент изменения качества, вверх (в возрастающем порядке) коэффициент разубоживания.

Б. Строится зависимость идеального процесса изменения качества для балансовых запасов полезного ископаемого, включенных по проекту в контур отбойки, для чего изменяется цена деления значений, откладываемых по оси абсцисс.

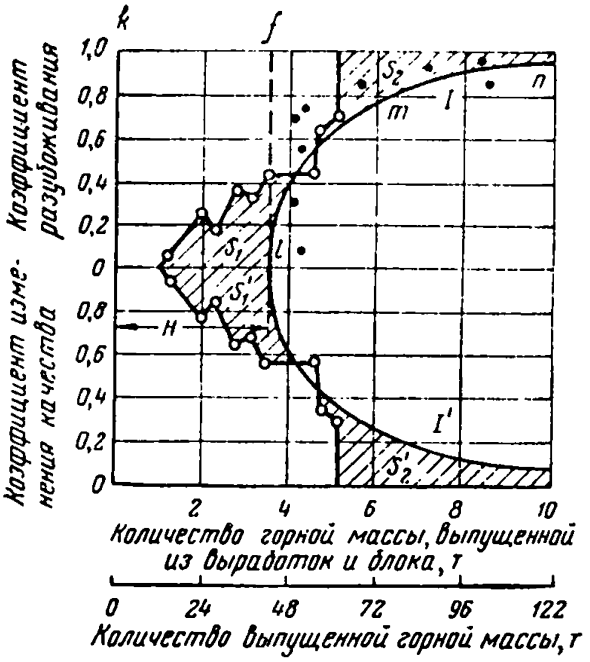

График для определения потерь полезного ископаемого, смешанного при выпуске с породами

Коэффициент пересчета цены деления

$$t = \frac{З_{от} S_{oklI}}{H S_{oknI}},$$

где S_{oklI}, S_{oknI} — площади, замеряемые на графике;

$З_{от}$ — балансовые запасы полезного ископаемого в блоке, включенные в контур отбойки;

H — количество неразубоженного полезного ископаемого, выпущенного из одиночной выработки при наблюдениях за выпуском из одиночной выработки.

Цена деления оси абсцисс $ц_2$ изменяется в сравнении с ценой деления $ц_1$

$$ц_2 = t ц_1.$$

---

[1] Уравнение идеального процесса $K_к = e^{-\beta Д}$,

где e — основание натуральных логарифмов;

β — показатель, характеризующий процесс снижения качества;

Д — количество разубоженной горной массы.

Если выпуск из выработки прекращен при наличии в дозах горной массы полезного ископаемого, то участок кривой экстраполируется с учетом этого уровня.

В. На основе результатов учета количества и определения качества горной массы, выпускаемой из конкретного блока, на график наносятся и соединяются отрезками прямой соответствующие точки (ломаные линии на рисунке).

Г. Площади S_1 и S_2, представленные на рисунке, суммируются. Полученное значение соответствует потерям полезного ископаемого в очистном пространстве.

Потери

$$П_о = \frac{S_1 + S_2}{M}, \text{ т},$$

где M — масштаб, т/мм².

Потери полезного компонента

$$П_{м.о} = \frac{S_1' + S_2'}{M}, \text{ т}.$$

Потери в местах погрузки, разгрузки, складирования и сортировки, а также на транспортных путях горного предприятия определяются на основе специально поставленных наблюдений и опытных работ. Целесообразность определения этих потерь устанавливает предприятие. Потери в этих местах определяются, как правило, опытным путем.

В местах обрушений, завалов, в пожарных и затопленных участках потери устанавливаются на основании имеющейся на горном предприятии геолого-маркшейдерской документации.

Контроль за качеством добываемого полезного ископаемого может осуществляться:

1) взятием проб с последующими химическими, минералогическими или геофизическими анализами;

2) геофизическими, фотоминералогическими анализами непосредственно в навалах или транспортных средствах;

3) определением количества породы в транспортных средствах.

Количество пород (некондиционного полезного ископаемого) в добытом полезном ископаемом в отдельных случаях может быть установлено замерами их объемов, включаемых в контур отбойки.

Косвенный метод определения потерь из балансовых запасов

Косвенный метод определения размеров потерь полезных ископаемых основан на сопоставлении количества металла в погашенных балансовых запасах руды в учетной единице и количества его в добытой из нее рудной массе, т. е. размеры данных показателей устанавливаются непосредственно в натуре или по геолого-маркшейдерской графической документации, а косвенно — по формуле

$$n = 1 - \frac{Д(a-b)}{Б(c-b)},$$

где c — содержание полезного компонента в балансовых запасах;
a — содержание полезного компонента в добытом полезном ископаемом;
b — содержание полезного компонента в примешанных породах.

Приложение 3

Рекомендации по способам определения исходных данных для расчета величины потерь и оценки точности

Средняя мощность рудного тела M_{p_i} определяется среднеарифметическим способом из ее частных значений. Частные значения мощности определяются либо с помощью рулетки в натуре с точностью отсчитывания не менее ±0,1 мм

(при четких контактах), либо по планам опробования. В последнем случае длина пограничных интервалов опробования не должна превышать 0,5—1,0 м, а число частных значений мощности должно быть не менее 10—15 при мощности рудного тела 5—10 м.

Объемный вес руды γ_{V_i} определяется методом гидростатического взвешивания или аналитически (при наличии зависимости объемного веса руды от содержания полезных компонентов. В первом случае среднее по блоку значение объемного веса руды определяют среднеарифметическим способом из 10—15 частных его значений, характеризующих все разновидности руды в блоке; во втором — по уравнению регрессии (или графику), используя среднее содержание полезных компонентов в рудном массиве блока. Для надежного определения среднего значения данного показателя во всех случаях требуется достаточное количество проб, равномерно распределенных по всему блоку.

Определение доли примешанных пород в добытой руде при разработке жильных месторождений. Для определения доли примешанных пород при разработке жильных месторождений применяется прямой метод, основанный на замерах мощности рудного тела (жилы) и толщины слоя вовлеченных в добычу вмещающих пород.

Частные значения мощности рудного тела и толщины слоя, вовлекаемых в добычу, должны устанавливаться с погрешностью не более $\pm 0{,}1$ м, а общее число их в блоке не должно быть менее 25.

Петрографический метод определения доли примешанных пород. Необходимым условием применения данного метода является макроскопическое различие руд и пород (по цвету, текстуре) при крупности исследуемого материала не менее +7 мм.

При решении вопроса о возможности применения петрографического метода в условиях конкретного месторождения необходимо провести исследования в такой последовательности:

1) исследование принципиальной возможности применения метода на рассматриваемом месторождении;

2) производственные испытания.

Исследование принципиальной возможности применения данного метода проводится в блоке с наиболее характерными для месторождения горно-геологическими условиями. Для этого отбирается 100—150 проб рудной массы (весом 2—3 кг) под выпускными выработками, выпуск руды из которых вступил в завершающую стадию. Обработка проб состоит в следующем. После взвешивания каждую пробу разделяют на мелкую (—7 мм) и крупную (+7 мм) фракции. Затем последнюю макроскопически сортируют на рудную и породную составляющие. Полученные составные части каждой пробы (мелочь, чистая руда и порода) оформляются как самостоятельные пробы и анализируются на содержание полезных компонентов.

Если в результате анализа окажется, что крупная фракция проб (+7 мм) хорошо поддается сортировке на руду и породу, а содержание полезных компонентов в мелкой фракции проб примерно равно содержанию их в исследуемой рудной массе или в крупной рудной фракции проб, то применение петрографического метода определения разубоживания руды на исследуемом месторождении в принципе возможно.

Испытание петрографического метода в производственных условиях организуется в нескольких эксплуатационных блоках, запасы руды в которых отрабатываются системами с открытым очистным пространством. В этих блоках разубоживание добытой руды в течение одного-двух месяцев определяется двумя методами: на основе съемок и замеров объемов вовлекаемых в добычу пород *и петрографическим. Сопоставлением соответствующих частных (за смену,* сутки) и средних (за неделю, месяц) значений, полученных двумя методами, решается вопрос о возможности применения петрографического метода в условиях данного месторождения при системах разработки с массовым обрушением руд и вмещающих пород.

Весовой метод определения доли примешанных пород. Необходимым условием применения данного метода является существенное различие в объемных весах руды и разубоживающих пород.

Весовой метод в зависимости от условий конкретных месторождений может применяться в трех вариантах.

Первый вариант применяется на месторождениях с постоянными значениями объемного веса руды и разубоживающих пород. В этом случае определение доли примешанных пород сводится к следующему. Определяется вес чистой руды и разубоживающей породы в объеме шахтной вагонетки стандартной емкости. Полученные при этом значения веса вагонетки (нетто) с рудой и породой принимаются за крайние значения веса вагонетки с рудной массой при разубоживании ее, равном соответственно 0 и 100%. По известным значениям веса вагонетки с рудой и породой легко составить таблицу доли примешанных пород в добытой руде, в зависимости от веса рудной массы в объеме вагонетки. По таблице можно производить определение качества руды на приемной площадке и решать вопрос о ее кондиционности.

В основу второго варианта положено систематическое определение не только веса вагонетки с рудной массой, но и определение объемного веса руды. Определение доли примешанных пород при этом сводится к следующему. От взвешенного состава руды отбирается представительная проба руды (из всех вагонеток состава). С помощью специального пикнометра, смонтированного на весах, определяется объемный вес руды по пробе весом 3—4 кг, а затем вычисляется величина доли примешанных пород. В этом случае от состава руды, прибывшего на учетный пункт рудника, отбираются пробы руды и рудной массы. Проба рудной массы отбирается в решетчатое ведро с включением в нее материала из всех вагонеток состава. Общий вес пробы составляет 10—15 кг. Взвесив эту пробу в воздухе и в воде, получают необходимые исходные данные для определения величины $\gamma_т$, а затем и доли примешанных пород.

Оценка точности определения потерь полезных ископаемых при применении прямого метода. Подавляющая часть полезного ископаемого (до 99%) при применении систем разработки с открытым очистным пространством, как правило, теряется в целиках.

Для оценки точности определения потерь для данного класса систем разработки необходимо найти ошибки в определении величин S, $m_р$, $\gamma_у$. Величина S находится суммированием площадей всех целиков, в связи с этим относительную ошибку в определении величины S можно найти по обычной формуле

$$m_S = \frac{m_{S_i}}{\sqrt{n}},$$

где m_{S_i} — относительная ошибка в определении площади отдельного целика, %;

n — число всех целиков и недоработанных участков в блоке (камере).

Ошибка в определении мощности рудного тела $\mu_р$ включает в себя ошибки техническую и аналогии. Первую из них можно находить по формуле

$$\mu_р = \frac{l}{2}\sqrt{2}.$$

где l — принятый на месторождении интервал опробования рудного тела, м.

Для определения ошибки аналогии данного показателя $\mu_р^A$ можно использовать метод последовательных разностей, поскольку всегда известно пространственное положение всех частных его значений.

Оценка точности определения объемного веса руды приведена ниже.

По известным значениям относительных ошибок определения площади целиков, мощности рудного тела и объемного веса руды можно найти относительную погрешность в определении потерь руды в целиках, которую можно принять за величину погрешности в определении потерь руды в блоке, поскольку, как уже выше было сказано, потери отбитой руды в блоке пренебрегаемо малы по сравнению с потерями руды в целиках.

Оценка точности определения размеров потерь, подсчитанных на основе использования графической документации, производится примерно так же, как было изложено выше. При этом величина ошибок в определении потерь,

как правило, того же порядка, что и при определении по маркшейдерским замерам.

Оценка точности петрографического метода определения потерь применительно к полностью отработанному блоку производится следующим образом.

Исходя из того, что погрешность частного значения доли примешанных пород при петрографическом методе определения не превышает ±10%, погрешность среднего значения показателя по отработанному полностью блоку

$$m_p = \frac{m_{pi}}{\sqrt{\frac{Д}{\Delta Д}}},$$

где $Д$ — количество рудной массы, добытой из блока за весь период его отработки, т;

$\Delta Д$ — количество добытой рудной массы, характеризуемое одной пробой, т.

Петрографический метод определения доли примешанных пород по точности сопоставим с прямым методом, основанным на использовании маркшейдерских съемок и замеров.

Точность определения размеров потерь и доли примешанных пород на жильных месторождениях по замерам мощностей рудных тел и толщины слоев отбиваемой пустой породы соответствует обычной точности прямого метода.

В общем, погрешность определения размеров потерь прямыми методами обычно не выходит за пределы 10—15% относительных (к самим величинам потерь или 1—3% абсолютных к погашенным запасам полезных ископаемых).

Количество погашаемых балансовых запасов руды определяется по формуле

$$Б = V\gamma_V,$$

где V — объем погашаемых балансовых запасов полезного ископаемого в учетной единице, м³;

γ_V — объемный вес полезного ископаемого в массиве, т/м³.

Величина V определяется методом параллельных (вертикальных или горизонтальных) сечений по формуле

$$V = \sum V_i,$$

где V_i — элементарный объем (заключенный между двумя смежными сечениями), определяемый по формуле

$$V_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} l_i,$$

где S_i, S_{i+1} — площади смежных сечений, м²;

l — расстояние между смежными сечениями, м.

Величины S_i и l_i определяются на основе маркшейдерской графической документации, составляемой в масштабе 1 : 200—1 : 1000 в зависимости от размера разрабатываемых рудных залежей.

Для определения величины S_i используется палетка или планиметр.

Величина l_i определяется с помощью масштабной линейки на плане (разрезе) с точностью 0,2 мм, что соответствует 0,04—0,2 м в натуре.

Для надежного определения величины V ($m_V \leqslant \pm 3\%$) число используемых при этом сечений S_i должно быть не менее:

4 — на рудных залежах относительно простой формы (при коэффициенте вариации до 10—15%);

8 — на рудных залежах сложной формы (при коэффициенте вариации свыше 20%).

Объемный вес руды в массиве γ_V определяется по каждой учетной единице аналитически или методом гидростатического взвешивания по образцам весом 1—2 кг, отбираемым по всем выработкам блока.

Для надежного определения среднего значения показателя по учетной единице ($m_y \leqslant \pm 1\%$) необходимо использовать не менее 50—70 частных значений.

Содержание полезных компонентов в рудном массиве блоков устанавливается на основе опробования разведочных, подготовительных и нарезных выработок, проводимых вкрест простирания рудных тел на основных и промежуточных горизонтах, а также опробования взрывных скважин. Пробы отбираются бороздовым, линейно-точечным, плепочным (на залежах рыхлых руд) или текстурно-штуфным методом. Длина интервала опробования (единичная или частная проба), в зависимости от мощности рудного тела и его вещественного состава, может колебаться в пределах 0,5—10 м. Содержание полезных компонентов может определяться геофизическими и другими новейшими методами опробования.

Для надежного определения среднего значения показателя по учетной единице ($m_c \leqslant \pm 4\%$) число частных его значений (n_c) должно доводиться до 100—250.

Количество добытой руды из учетной единицы на горнодобывающих предприятиях устанавливается поблочно на основе ее взвешивания на специальных весах, либо по числу принятых к учету (в пункте приема) нагруженных рудой вагонеток. В последнем случае количество добытой из блока руды за смену, сутки и нарастающим итогом с начала месяца и с начала отработки блока находится умножением соответствующего числа учтенных вагонеток на средний вес вагонетки (нетто), систематически определяемый по шахте (руднику) в целом. В последнем случае необходимо принимать меры к качественной загрузке и разгрузке вагонеток. Для устранения возможных ошибок при учете количества добытой руды необходимо данные оперативного учета ежемесячно корректировать по данным обогатительных фабрик и других потребителей руды, получаемым на основе ее взвешивания на специальных весах.

При выполнении указанных выше требований определение данного показателя по полностью отработанной единице производится с допустимой погрешностью ($m_д \pm 1\%$).

Содержание полезных компонентов в добытой руде a обычно устанавливается на основе ее опробования горстевым, геофизическим и другими новейшими методами, производимыми в вагонетках на приемной площади. При этом опробование должно производиться посменно или посуточно (в блоках с запасами руды более 500 тыс. т).

Сменные пробы составляются из отдельных порций, отбираемых от каждой вагонетки состава и надежно представляющих характеризуемую ими руду как по гранулометрическому, так и по вещественному составу. Вес сменной пробы по блоку должен быть не менее 20—30 кг. Материал сменных (суточных) проб накапливается в течение смены (суток) в специальных ящиках, число которых соответствует числу действующих блоков.

Среднее содержание полезных компонентов в добытой руде на сутки и нарастающим итогом с начала месяца определяется способом средневзвешенного.

При выполнении указанных выше требований относительная погрешность в определении данного показателя по отработанному полностью блоку не превысит $\pm 2\%$, что вполне достаточно для надежного определения размеров потерь и разубоживания руды.

Для установления степени соответствия размеров учтенных потерь и разубоживания полезных ископаемых их действительным значениям производится оценка точности конечных результатов учета названных показателей.

На величину погрешности любого показателя обычно оказывают влияние два рода ошибок: технические и аналогии. Однако, как показали исследования ВНИМИ, в данном случае технические ошибки весьма малы, обычно они в 5—20 раз меньше ошибок аналогии и поэтому с ними можно не считаться, а за ошибки определения размеров любого показателя принимать соответствующие ошибки аналогии.

За меру ошибки аналогии изменяющегося в пространстве показателя обычно принимают среднеквадратическую величину его изменчивости σ в точках (местах)

наблюдения (сечениях, пробах, образцах и т. п.), определяемую по формуле

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{n-1}},$$

где δ_i — отклонения частных значений показателей от среднеарифметического его значения;

n — число частных значений показателя.

Однако при этом следует иметь в виду, что при проведении всех необходимых выработок в эксплуатационном блоке, используемых для построения сечений, опробования рудного массива, в большинстве случаев полностью вскрываются плавные (закономерные) изменения указанных показателей.

Поскольку подсчет средних значений показателей выполняется по способу среднего арифметического, вскрытые закономерные изменения показателей почти полностью механически учитываются способом подсчета, а ошибки среднеарифметических значений показателя обусловлены наличием их случайной изменчивости. Поэтому, естественно, для оценки точности средних показателей недопустимо пользоваться величиной σ, так как получаемые при этом значения ошибок показателей могут оказаться существенно завышенными.

Таким образом, за меру ошибки аналогии показателей оруденения следует принимать среднеквадратическую величину случайной изменчивости, для определения которой можно использовать метод последовательных разностей. Сущность его состоит в следующем. При независимых значениях показателя Y, для выявления случайной погрешности его определения можно использовать ряд значений $\sigma_l\ (Y)$:

$$\sigma_1 (Y) = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta^{\mathrm{I}})^2}{2n}};$$

$$\sigma_2 (Y) = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta^{\mathrm{II}})^2}{6n}};$$

$$\sigma_n (Y) = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta^k)^2}{C_{2k}^k n}},$$

где $\sigma_1 (Y)$, $\sigma_2 (Y)$, $\sigma_k (Y)$ — среднеквадратическая ошибка определения показателя;

$\sum (\Delta^{\mathrm{I}})^2$, $\sum (\Delta^{\mathrm{II}})^2$, $\sum (\Delta^h)^2$ — сумма квадратов последовательных разностей между основными значениями показателя;

n — число последовательных разностей.

$$C_{2k}^k = \frac{(2k)!}{(k!)^2}.$$

Значения $\sigma_l\ (Y)$ должны быть равными между собой при случайном характере изменения показателя. При наличии закономерной изменчивости показателя они до некоторого определенного порядка разностей образуют убывающий ряд. Из сравнения значений $\sigma_l\ (Y)$ можно установить порядок разностей, при котором значения $\sigma_l\ (Y)$ уже не обнаруживают тенденции к убыванию. Последовательные разности установленного порядка и нужно составить, чтобы добиться соблюдения условия случайности.

Для определения ошибки аналогии любого показателя оруденения обычно оказывается достаточным ограничиваться первыми или вторыми разностями.

Для надежного определения ошибки аналогии показателя необходимо использовать данные не менее чем по 10—16 блокам.

Оценка точности определения размеров потерь и разубоживания полезных ископаемых производится особенно в тех случаях, если допускаются отклонения

от изложенных в «Методических указаниях» методов определения средних значений исходных величин.

Погрешности определения размеров потерь и разубоживания полезных ископаемых при косвенном методе вычисляются по следующим формулам:

$$m_{П} = \pm \frac{100 - П}{100} \sqrt{m_V^2 + m_\gamma^2 + m_д^2 + m_c^2 + m_a^2};$$

$$m_{Р} = \pm \frac{100 - Р}{100} \sqrt{m_c^2 + m_a^2},$$

где $П$ и $Р$ — размеры потерь и разубоживания полезных ископаемых, %; m_V, m_γ, $m_д$ — относительные ошибки определения величин V, γ, $д$, %.

Относительная погрешность определения объема погашенных балансовых запасов руды в учетной единице вычисляется по формуле

$$m_V = \pm \frac{0{,}7 t \sigma_S}{S_0 \sqrt{n-1}} 100,$$

где t — коэффициент вероятности (при вероятности 90% $t = 1{,}7$);

S_0 — среднее значение площади сечений, используемых для определения величины, м²;

n — число сечений в учетной единице (число частных значений показателя использованных для определения среднего его значения);

σ_S — среднеквадратическое отклонение площади сечений от среднего его значения (среднеквадратическое отклонение частных значений показателя от среднего его значения) вычисляется по формуле (15) по первым или чаще вторым разностям.

Относительная погрешность определения объемного веса руды в массиве (m_γ) вычисляется по формуле

$$m_\gamma = \pm \frac{t \sigma_\gamma}{\gamma_р \sqrt{n}} 100\%,$$

$\gamma_р$ — среднее значение объемного веса руды в массиве.

Относительная погрешность определения количества добытой руды вычисляется по формуле

$$m_д = \pm \frac{t \sigma_д}{д \sqrt{\frac{д}{\Delta д}}} 100\%,$$

где $д$ — количество рудной массы, добытой из учетной единицы за весь период ее отработки;

$\Delta д$ — количество рудной массы в вагонетке стандартной емкости, т;

$\sigma_д$ — среднеквадратическая ошибка определения количества рудной массы в вагонетке.

При наличии на руднике весового хозяйства можно считать, что количество добытой руды устанавливается практически безошибочно.

Относительная погрешность в определении среднего содержания полезных компонентов в рудном массиве вычисляется по формуле

$$m_c = \pm \frac{t \sigma_c}{c_0 \sqrt{n}} 100\%,$$

c_0 — среднее значение содержания полезного компонента в массиве.

Аналогично вычисляется и относительная погрешность в определении среднего содержания полезных компонентов в добытой руде по формуле

$$m_a = \pm \frac{t\sigma_a}{a_0 \sqrt{n}} 100\%,$$

a_0 — среднее значение содержания полезного компонента в добытой руде.

gost.e-ecolog.ru