

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Научно-технический журнал. Издается с 1958 года

№ 7, 2010

Выходит 8 раз в год

БГГН И МНБ СОУ
г. Красноярск

Читальный зал

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ Воскин С. А., Трубун Ю. Л., Курчин Г. С. Расчет показателей извлечения при разном уровне выемке запаса камер первичных месторождений.....	4
ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ. ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ Игнатьева М. Н. Основологающие принципы формирования саморазвивающегося региональных эколого-экономических систем.....	14
Мивнин В. В., Тедеев К. С. Прибыль и добавленная стоимость в логистике горнодобывающих предприятий.....	19
БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА Васильченко В. И. Выбор маршрута вывоза льда, отвода пожарных газов, вентиляционного режима, расчет депрессии и естественной тяги при пожарах на подземных угольных шахтах.....	24
Земсков А. Н., Травникова Л. Г. Модели формирования газовой среды карликовых месторождений.....	29
СТРОИТЕЛЬСТВО ШАХТ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ Боланков В. Е., Балаев А. Е., Головинина О. С. К основам проектирования камерных капитальных выработок железорудных шахт.....	39
ГЕОМЕХАНИКА Константинова С. А., Черномозов Д. С. Контактная задача с трещинами для системы взаимодействующих тел и некоторые ее практические приложения.....	46
Пресслер В. Г., Черданцев Н. В. Аналитическое решение задачи о нарушении стык антропогенного по прочности массива горных пород около шпильчатой выработки.....	53
ЭКОЛОГИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА Романов А. М., Волкова М. А. Физико-геологические предельные заборонаемые долгоживущих радиоктивных отходов.....	61
Семенов Н. Ф., Солтныков Ю. Г. Связь очагов радиоактивного загрязнения местности с геоматричным полем.....	66
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ Бабич В. Н., Кремлев А. Г. Об информационно-металлических технологиях в горногеометрических задачах.....	72
Попов С. Е., Заларев Р. Ю., Харламенков Н. Е. Разработка ГИС-инструментов анализа сейсмической активности.....	77
Гинеев Р. С., Панфилов Д. С., Степанов Ю. В., Ерохина М. И. Принцип систематизации данных с автомобильным транспортом по сложности управления грузопотоко-транспортными работами.....	85
РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД. БУРОВЗРЫВНОЕ ДЕЛО Шалашин В. Н. Влияние параметров скважинной обтолки на характеристики систем и производственную мощность рудника.....	92

УЧРЕДИТЕЛИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗДАТЕЛЬ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ВАЛЕНТИН Н. А. Ермакович д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург	
ГОРДЕЕВ Виктор Александрович д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург	
КАЖИМОВ Вячеслав Николаевич д-р техн. наук, проф., Магнитогорский государственный технический университет, г. Магнитогорск	
КАРТОЗИЯ Борис Анисимович д-р техн. наук, проф., Московский государственный горный университет, г. Москва	
КАШИНИКОВ Юрий Александрович д-р техн. наук, проф., Пермский государственный технический университет, г. Пермь	
КОЗИН Владимир Эпифанович д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург	
КОРНИЛКОВ Михаил Викторович — главный редактор д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург	
КОРЧАК Андрей Владимирович д-р техн. наук, проф., Московский государственный горный университет, г. Москва	
КОСАРЕВ Николай Петрович д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург	
КОСОЛАТОВ Александр Иванович д-р техн. наук, проф., Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург	Сибирского федерального
ЛАП д-р техн. наук, проф., Пермский	Пермь
ЛАТ д-р техн. наук, проф., Иркутск	Иркутск
ЛИП д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
МАХИН д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
ПЕТРОВ д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
ПИВНЯ д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
ПОПОВ д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
ПУЧКО д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
САВИН д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
САМУС д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
СТРОИМ д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
ШЕРЩЕ д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
ШКУРА д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск
ЯКОВЛ д-р техн. наук, проф., Челябинск	Челябинск

ГОРНАЯ МЕХАНИКА

Тышута С. А., Копачев В. Ф., Лысенко С. В. О разработке типоразмерного ряда шахтных подземных осевых вентиляторов.....	97
Латышев И. Н. Новый метод контроля завалов шахтной клетки.....	100
Беркани М., Минаев Ю. Н., Копачев В. Ф. Технологические маршруты производства и распределения сжатого воздуха пневмоэнергетических систем шахт и рудников.....	103
РУДОПОДГОТОВКА И ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	
Потанов В. Я., Потанов В. В. Изучение электрических свойств угленосных формаций для идентификации угля в радиометрических сенсорах.....	108
ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
Латышев О. Г., Осипов И. С. Основные направления и перспективы развития исследований горных пород и массивов с фрактальных позиций.....	115
Гревуев Н. В., Тяболов И. А., Горбунов А. В. Обогащение энерготехнологических способ обеспечения заданного качества торфяных композиционных материалов.....	123
Кондратов В. К., Кошкарлов В. Е., Валеев Н. Г., Рахитин В. А. Исследование адгезионных свойств модельных углеводородных соединений и группового состава битумов к минеральным заполнителям.....	131
Мамеев Ю. А., Пуляевский А. М., Хрушина Н. П. Теоретические и практические аспекты влияния волновых процессов на состояние дисперсных сред.....	134
ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	
Лукас В. А. Бакалавриат и магистратура в вузах Германии: образовательные программы по электротехнике и технической информатике.....	142
ИНФОРМАЦИЯ. ХРОНИКА. РЕЦЕНЗИИ	
Юбилей Геннадия Григорьевича Пивняка.....	150
Наши авторы.....	152

CONTENTS

DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS AND TECHNOGENOUS FORMATIONS	
Yokhmin S. A., Trebuch Yu. P., Kurchin G. S. The calculation of indexes of recovery at non-simultaneous excavations of stocks in non-ore deposits.....	4
ECONOMY, ORGANIZATION AND MANAGEMENT. LAW QUESTIONS OF THE NATURE USE	
Ignatieva M. N. Basic principles of formation of self-developing regional ecological and economical systems.....	14
Minin V. V., Tedeev K. S. Profit and added value in logistics of mining enterprises.....	19
MINING SAFETY	
Vasilenko V. I. The choice of a route of evacuating people, disposal of fire gases, ventilation regime, calculation of depression and natural draft at fires in naked-flame coal mines.....	24
Zemskov A. N., Trajnikova L. G. Models of formation of gas environment of potassium deposits.....	29
CONSTRUCTION OF MINES AND UNDERGROUND STRUCTURES	
Boitkov V. E., Balez A. E., Golovina O. S. To the bases of modeling of chamber permanent workings of iron-ore mine shafts.....	39
GEOMECHANICS	
Konstantinova S. A., Chernozorov D. S. Contact problem with friction for the system of viscoelastic bodies and some of its practical applications.....	46
Presler V. T., Cherdanov N. V. Analytical solution of the task of the break of anisotropic rock mass in the vicinity of a cylindrical working.....	53
ECOLOGICAL OF MINING	
Romanov A. M., Volkova M. A. Physical and geological preconditions of disposal of long-lived radioactive wastes.....	61
Semenin N. F., Sornikov Yu. G. Connection of seat of radioactive contamination of the area with the geomagnetic field.....	66

GEONFORMATIONAL SYSTEMS AND MODELS

Babich V. N., Kremlev A. G. About the informational and mathematical technologies in mining geometrical tasks.....	72
Popov S. E., Zamaraev R. Yu., Kharlampovskiy I. E. The development of GIS-instruments of analysis of seismic activity.....	77
Ganiev R. S., Panfilov D. S., Stenits Yu. V., Erokhina M. I. The principle of systematization of pits with motor transport by the complexity of control under load-transport works.....	85
DESTRUCTION OF ROCKS. DRILLING-AND-BLASTING OPERATIONS	
Shahbapin V. N. The influence of parameters of the borehole breaking on the characteristics of systems and productive capacity of a mine.....	92
MINING MECHANICS ENGINEERING	
Timukhin S. A., Kopychev V. F., Lysenko S. V. About the elaboration of the dimension-type line of shaft underground axis-radial ventilators.....	97
Laturov I. N. A new method of control of hanging of a shaft cage.....	100
Berkani M., Mityaev Yu. N., Kopychev V. F. Technological routes of production and distribution of compressed air of pneumatic and energetic systems of shafts and mines.....	103
ORE PREPARATION AND MINERAL DRESSING	
Polapov V. Ya., Polapov V. V. Examination of electrical properties of coal-bearing formations for identification of coals in radiometric separators.....	108
PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES OF MINING	
Latychev O. G., Ostrov I. S. The main trends and prospects of development of researches into rocks and rock masses from fractal positions.....	115
Gretyev N. V., Tyabotov I. A., Gorbuinov A. V. Justification of energotechnological methods of the given quality assurance of peat composition materials.....	123
Kondratov V. K., Koshtarov V. E., Valiev N. G., Rokitin V. A. The study into adhesion properties of model hydrocarbon compounds and type content of bitumen to mineral fillers.....	131
Мамеев Ю. А., Пуляевский А. М., Хрушина Н. П. Теоретический и практический аспекты влияния волновых процессов на состояние дисперсионной среды.....	134
HIGHER MINING EDUCATION	
Lukas V. A. Bachelor's and Master's degree in universities of Germany: academic curricula in electrical engineering and technical information science.....	142
INFORMATION.CHRONICLE.REFERENCES	
To Genady Grigorievich Pivnyak's anniversary.....	150
Our authors.....	152

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В «ПЕРЕЧЕНЬ ВЕДУЩИХ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ И ИЗДАНИЙ, В КОТОРЫХ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ НА СОискание Ученой Степени Доктора и Кандидата Наук» (решение Президиума ВАК Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 66)

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В РЕФЕРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ И БАЗУ ДАННЫХ ВИНИТИ
СВЕДЕНИЯ О ЖУРНАЛЕ ЕЖЕГОДНО ПУБЛИКУЮТСЯ В МЕЖДУНАРОДНОЙ СПРАВочНОЙ СИСТЕМЕ
ПО ПЕРИОДИЧЕСКИМ И ПРОДОЛЖАЮЩИМСЯ ИЗДАНИЯМ "ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY"

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

УДК 622.013.364.2

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИ РАЗНОВРЕМЕННОЙ ВЫЕМКЕ ЗАПАСОВ КАМЕР НЕРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С. А. ВОХМИН, Ю. П. ТРЕБУШ, Г. С. КУРЧИН
Институт горного дела, геологии и геотехнологии
Сибирского федерального университета

Рассмотрены вопросы определения оптимальной величины количественных и качественных потерь нерудных полезных ископаемых на контактах при добыче подземным способом камерно-столбовой системы разработки. Предложена методика нормирования и планирования потерь и разубоживания при отработке месторождений системами с открытым очистным прострелом.

Ключевые слова: подземная разработка, камерно-столбовая система, потери, разубоживание, методика планирования.

The issues of defining of optimum quantity of quantitative and qualitative losses of non-ore minerals on contacts at deep-mined output by room-and-pillar system of mining are under consideration. Methods of setting and planning of losses and dilution at developing of mines by systems with an open working excavation are suggested.

Key words: underground mining, room-and-pillar system, losses, dilution, methods of planning.

Нерудные полезные ископаемые широко используются для производства строительных материалов. Их месторождения — осадочного происхождения, пластовые — имеют достаточно выдержанную мощность и углы наклона контактов на протяженных участках залежей. При подземной добыче минерального сырья широко применение получила камерно-столбовая система разработки. Выемка полезного ископаемого камерами большой ширины создает благоприятные условия для работы современного самоходного оборудования и обеспечивает высокую производительность труда и интенсивность выемки. Поддержание выработанного прострелка обеспечивается оставлением между камерами сплошных ленточных целиков или обособленных целиков прямоугольной формы.

Отработка запасов осуществляется в следующей последовательности: *нарезные работы* — проводится нарезная выработка, которая служит для размещения оборудования при отработке оставшихся камерных запасов, а также проветривания выработанного прострелка при очистных работах; *очистные работы* — в одну или две стадии, в зависимости от расположения нарезной выработки и устойчивости вмещающих пород кровли отработываются оставшиеся камерные запасы.

В зависимости от расположения нарезной выработки применяются следующие схемы отработки запасов камеры:

- по почве (рис. 1, а);
- по кровле (рис. 1, б);
- по центру (рис. 1, в).

Учитывая, что запасы камеры по каждой стадии извлекаются разновременно и по различным технологическим схемам, выработку этих стадий рассматриваются как отдельные конструктивные элементы системы разработки, на условия отработки которых рассчитываются показатели извлечения [1] — нарезная выработка для первой стадии, очистная выработка для последующих стадий отработки запасов камеры.

Нарезная выработка имеет фиксированные проектные размеры ширины и высоты, обеспечивающие размещение оборудования как при проходе этой выработки, так и при очистной выемке оставшихся камерных запасов. Обычно ширина выработки принимается равной ширине камеры. При этом работы первой стадии характеризуются более высокой трудоемкостью и себестоимостью продукции, чем работы последующих стадий отработки камерных запасов.

Очистная выработка имеет ширину, равную ширине камеры, а высота этой выработки определяется исходя из мощности залежи m и высоты пройденной нарезной выработки h_n .

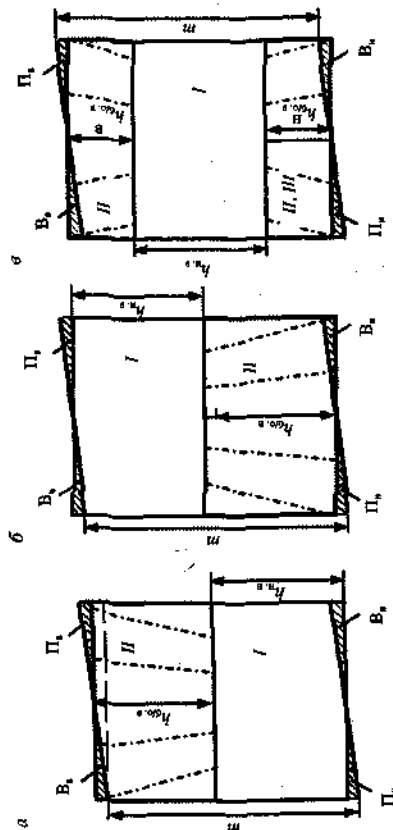


Рис. 1. Схемы отработки запасов камеры с расположенным нарезной выработкой: а — по почве залежи; б — по кровле залежи; в — по центру залежи; I, II, III — стадии отработки запасов камеры (I — нарезные работы; II, III — очистные работы); P_n , B_n , B_n — потери полезного компонента в массиве и подрезка вмещающих пород соответственно при отработке нижнего и верхнего геологических контактов

Потери полезного ископаемого в массиве II и разубоживание за счет подрезки вмещающих пород V формируются при отработке приконтактных зон вследствие несоответствия контура отработки и поверхности геологического контакта (рис. 1). Данные величины потерь и разубоживания взаимосвязаны: при изменении положения контура отработки в приконтактной зоне меняются значения потерь полезного ископаемого и прирезки вмещающих пород, что влияет на количество извлекаемых балансовых запасов и добытой товарной массы.

Расчет величин потерь и разубоживания сводится к определению по верхнему и нижнему геологическим контактам рациональных контуров отработки, обеспечивающих максимальную экономическую эффективность отработки запасов.

В зависимости от технологических свойств и требований рынка к качеству добываемого сырья для расчета экономической эффективности отработки запасов применимы следующие критерии:

1. Если рыночная стоимость I т товарной массы зависит от содержания в ней полезного компонента, то эффективность отработки рассчитывается по критерию максимальной прибыли с I т *погашенных балансовых запасов* [2]:

$$\Pi_p = \Pi_c K_p I_c - C_{\text{отр}} (K_p / K_c) \rightarrow \max,$$

где Π_p — средневзвешенная величина прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов полезного ископаемого, р.; Π_0 — средневзвешенная ценность полезных компонентов в 1 т погашенных балансовых запасов, р.; K_p , K_c — коэффициенты извлечения из недр и изменения качества полезного ископаемого; I_c — сквозной коэффициент извлечения полезных компонентов при переработке; $C_{\text{тов}}$ — полная себестоимость добычи, транспортировки и переработки 1 т товарной руды, р.

2. В случае, когда потребители предъявляют жесткие требования к качеству товарной массы и при этом рыночная стоимость добываемого сырья не изменяется от содержания в нем регламентируемых компонентов, эффективность отработки определяется по критерию предельного содержания компонентов в товарной массе, % [3]:

минимальное содержание полезных компонентов

$$a = \frac{B\sigma + B_{\text{н}}c}{B_{\text{н}} + B} \geq a_{\text{дон}};$$

максимальное содержание вредных примесей

$$a = \frac{B\sigma + B_{\text{н}}c}{B_{\text{н}} + B} \geq a_{\text{дон}}.$$

где $a_{\text{дон}}$ — допустимое содержание компонента в товарной массе, %; σ — содержание компонента во вмещающих породах, %; c — содержание компонента в балансовых запасах, %; B — величина подработанных вмещающих пород, т; $B_{\text{н}}$ — величина извлеченных балансовых запасов, т; $B_{\text{н}} = B - \Pi$; Π — величина потерь полезного ископаемого в массиве, т; B — величина балансовых запасов, подлежащих погашению при отработке, т;

$$B = mbL\gamma_{\text{н.т.}} \quad (1)$$

где m — мощность залежи в пределах камеры, м; b — ширина выработки, $b = b_{\text{н.т.}}$ или $b = b_{\text{о.т.}}$, м; L — длина отработываемого участка выработки, $L = L_{\text{н.т.}}$ или $L = L_{\text{о.т.}}$, м; $b_{\text{н.т.}}$, $b_{\text{о.т.}}$, $L_{\text{н.т.}}$, $L_{\text{о.т.}}$ — соответственно ширина и длина нарезной или очистной выработок, м; $\gamma_{\text{н.т.}}$ — плотность полезного ископаемого, т/м³.

Рассмотрим использование данных критериев для расчета экономической эффективности отработки запасов камер:

Расчет показателей извлечения по критерию максимальной прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов. Расчет величин потерь и разубоживания сводится, как указывалось выше, к определению отдельно по верхнему и нижнему геометрическим контактам рациональных контуров отработки, обеспечивающих максимальную прибыль с 1 т погашенных балансовых запасов.

Для расчетов воспользуемся показателем μ , определяющим взаимосвязь основных технико-экономических и горно-геологических параметров, существенно влияющих на уровни потерь и разубоживания руды, и устанавливающим соотношение длин участков полезного ископаемого и породы по ширине выработки по ее кровле или по грунту на оптимальном контуре отработки в приконтактной зоне (рис. 1), определяемым из выражения [4]:

$$\mu = \frac{b_{\text{н.т.}}}{b_{\text{н}}} = \frac{C_{\text{тов}} - \Pi_{\text{вп}} I_c}{\Pi_{\text{о}} I_c - C_{\text{тов}}} \cdot \frac{\gamma_{\text{н.т.}}}{\gamma_{\text{н.т.}}} \quad (2)$$

где $b_{\text{н.т.}}$ — горизонтальная длина полезного ископаемого на оптимальном контуре отработки по ширине выработки (по почве или по кровле), м; $b_{\text{н}}$ — горизонтальная длина породы на оптимальном контуре отработки по ширине выработки (по почве или по кровле), м; $\Pi_{\text{вп}}$ — средневзвешенная ценность по-

лезных компонентов в 1 т вмещающих пород, р.; $C_{\text{тов}} = C_{\text{н}} + C_{\text{т}} + C_{\text{о}} + C_{\text{р}}$, $C_{\text{т}}$ — затраты на добычу, транспорт и обогащение 1 т товарной массы, р.; $\gamma_{\text{н.т.}}$ — плотность пород в массиве, т/м³.

Следует отметить, что параметры камеры и параметры отдельных конструктивных элементов камеры (разрезная и очистная выработки) не влияют на значение показателя μ , а учитываются при расчете величин потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Величина потерь полезного ископаемого в массиве на оптимальном контуре отработки в приконтактной зоне, т:

$$\Pi = \frac{b^2 \mu^2 \gamma \alpha}{2(1 + \mu_2)^2} L \gamma_{\text{н.т.}} \quad (3)$$

где α — угол наклона геологического контакта, град; μ_2 — показатель оптимального соотношения длины участков полезного ископаемого и породы на оптимальном контуре отработки, $\mu_2 = \mu_{\text{н.т.}}$ или $\mu_2 = \mu_{\text{о.т.}}$; M_2 , $\mu_{\text{н.т.}}$, $\mu_{\text{о.т.}}$ — показатель μ , для условий отработки нарезной или очистной выработок.

Величина прирезки пород на оптимальном контуре отработки в приконтактной зоне, т:

$$B = \frac{b^2 \gamma \alpha}{2(1 + \mu_2)} L \gamma_{\text{н.т.}} \quad (4)$$

Положение оптимального контура отработки в приконтактной зоне, м:

$$h_{\text{опт}} = \frac{b \gamma \alpha}{1 + \mu_2}$$

При этом положение оптимального контура отработки запасов не может выходить за высоту соответствующей приконтактной зоны $h_{\text{н.т.}}$:

$$0 \leq h_{\text{опт}} \leq h_{\text{н.т.}}$$

где высота приконтактной зоны $h_{\text{н.т.}} = b \gamma \alpha$.

Суммарные абсолютные величины потерь и разубоживания полезного ископаемого (в тоннах) определяются как сумма этих величин, рассчитанных для условий отработки запасов камеры по верхней и нижней приконтактным зонам (формулы (3), (4)):

$$\sum \Pi = \Pi_{\text{н}} + \Pi_{\text{т}}; \quad (5)$$

$$\sum B = B_{\text{н}} + B_{\text{т}}; \quad (6)$$

где $\Pi_{\text{н}}$, $B_{\text{н}}$, $\Pi_{\text{т}}$, $B_{\text{т}}$ — соответственно абсолютные величины потерь полезного ископаемого и разубоживания при отработке нижней и верхней приконтактных зон, т.

Относительные величины потерь полезного ископаемого «р» и разубоживания вмещающими породами «р» рассчитываются на запасы и конструктивные элементы камеры, %:

$$\Pi = \frac{\Pi}{B} \cdot 100; \quad (7)$$

$$P = \frac{B}{B - \Pi} \cdot 100. \quad (8)$$

Последовательность расчета показателей извлечения.

1. Принимается схема отработки запасов камеры по расположению нарезной выработки (рис. 1).
2. Для нижней и верхней приконтактных зон устанавливаются значения плотности пород в массиве γ_n , т/м³, и плотности полезного ископаемого в массиве $\gamma_{н.в}$, т/м³; углы наклона геологических контактов по почве и кровле залежи α , град; величины средневзвешенной ценности полезных компонентов в I т вмещающих пород $C_{\text{вм.р}}$.
3. Для камерных запасов определяются мощность залежи m , м, параметры камеры — длина L , м и ширина b , м; средневзвешенная ценность полезных компонентов в I т погашенных балансовых запасов C_b , р., при неравномерном распределении этот параметр определяется для каждого конструктивного элемента камеры; сквозной коэффициент извлечения полезных компонентов при переработке K_c .
4. Для конструктивных элементов камеры устанавливаются:
 - для нарезной выработки — ширина $b_{н.в}$, м, высота $h_{н.в}$, м, длина $L_{н.в}$, м; величина полной себестоимости добычи, транспортировки и переработки I т товарной руды $C_{\text{тов.р.}}$;
 - для очистной выработки — ширина $b_{о.в}$, м, длина $L_{о.в}$, м; величина полной себестоимости добычи, транспортировки и переработки I т товарной руды $C_{\text{тов.р.}}$.
5. Далее для верхней и нижней приконтактных зон по формуле (2) рассчитываются показатели μ . Значения входящих в формулу параметров принимают в соответствии с условиями отработки камерных запасов по нарезной и очистной выработкам.
6. Рассчитываются абсолютные величины потерь полезного ископаемого и прирезки пород по верхней и нижней приконтактным зонам по формулам (3)—(6) в соответствии с условиями отработки камерных запасов по нарезной и очистной выработкам.

При расположении нарезной выработки по центру камеры (рис. 1, в) по мере и разубоживание формируются только при очистных работах.

7. Относительные величины потерь полезного ископаемого «п» и разубоживания вмещающими породами «р» рассчитываются по формулам (7), (8) на запасы камеры в целом и на запасы, погашаемые отдельными конструктивными элементами камеры.

Расчет показателей извлечения по критерию предельного содержания компонентов в товарной массе. Данный критерий допускает прирезку такого объема вмещающих пород, который соответствует условию обеспечения предельного содержания компонентов в товарной массе.

Для расчетов используется показатель μ , характеризующий соотношение площади прихвата призматических пород S_p , м², к площади поперечного сечения выработки S_v , м²:

$$\mu = \frac{S_p}{S_v} = \frac{c - a_{\text{доп}}}{c - b} \quad (9)$$

Схемы отработки в зависимости от расположения нарезной выработки и последовательность отработки запасов камеры показаны на рис. 1.

При этом возникают два варианта расположения оптимального контура отработки в приконтактной зоне, которым соответствуют свои схемы расчета показателей извлечения (рис. 2):

— расчетная схема 1 (рис. 2, а) — оптимальный контур отработки находится в пределах приконтактной зоны $0 \leq h_{\text{от}} \leq h_{н.в}$, при этом $0 \leq S_{п.з} \leq S_{н.з}$;

— расчетная схема 2 (рис. 2, б) — оптимальный контур отработки находится за границей приконтактной зоны, при этом отработка запасов ве-

дется с прихватом вмещающих пород за границей приконтактной зоны $h_{\text{от}} > h_{н.в}$, а $S_{п.з} > S_{н.з}$.

На рис. 2 представлены варианты расположения оптимального контура применительно к нижней приконтактной зоне.

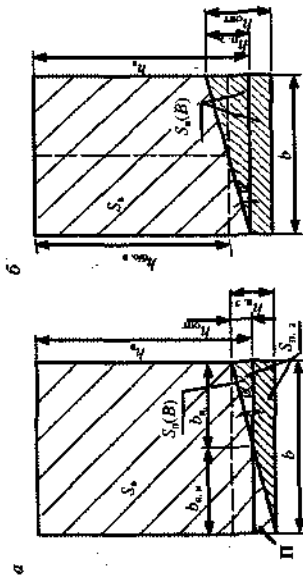


Рис. 2. Формирование потерь полезного ископаемого и подработке вмещающих пород в нижней приконтактной зоне: а — оптимальный контур расположен в границах приконтактной зоны $0 \leq h_{\text{от}} \leq h_{н.в}$; б — оптимальный контур отработки находится за границей приконтактной зоны $h_{\text{от}} > h_{н.в}$.

Расчет показателей извлечения осуществляется применительно к каждому конструктивному элементу камеры с учетом соответствующих горно-геологических и горнотехнических условий отработки запасов — по нарезной и очистной выработкам.

При этом расчет показателей извлечения предусматривает нахождение оптимального контура отработки в приконтактной зоне на условия:

- при проходе нарезной выработки (ширина, высота, площадь поперечного сечения выработки);
- при оформлении очистной выработки — на фиксированную величину балансовых запасов, погашаемых очистной выработкой.

Последовательность расчета показателей извлечения.

1. Принимается схема отработки запасов камеры по расположению нарезной выработки (рис. 1).
2. Для нижней и верхней приконтактных зон устанавливаются значения плотности пород в массиве γ_n , т/м³, и плотности полезного ископаемого в массиве $\gamma_{н.в}$, т/м³; углы наклона геологических контактов по почве и кровле залежи α , град; содержание компонента во вмещающих породах ω , %.

3. Для камерных запасов определяются мощность залежи m , м, параметры камеры — длина L , м, ширина b , м; содержание компонента в балансовых запасах c , %; допустимое содержание компонента в товарной массе $a_{\text{доп}}$, %.

4. Для каждого конструктивного элемента камеры устанавливаются:

- для нарезной выработки — ширина $b_{н.в}$, м, высота $h_{н.в}$, м, длина $L_{н.в}$, м;
- для очистной выработки — ширина $b_{о.в}$, м, длина $L_{о.в}$, м.

5. Далее по формуле (9) рассчитываются для верхней и нижней приконтактных зон величины показателей μ . Значения входящих в формулу содержаний компонентов в балансовых запасах и во вмещающих породах принимаются в соответствии с условиями отработки запасов по нарезной или очистной выработкам.

6. Затем рассчитываются абсолютные величины потерь полезного ископаемого и прирезки пород по верхней и нижней приконтактным зонам в соответствии с условиями отработки камерных запасов по нарезной или очистной выработкам.

При расположении нарезной выработки по центру камеры потери и разубоживание формируются только при очистных работах.

7. Относительные величины потерь полезного ископаемого «п» и разубоживания вмещающими породами «р» рассчитываются по формулам (6) и (7) на запасы камеры в целом и на запасы, погашаемые отдельными конструктивными элементами камеры.

Расчет показателей извлечения при проходе нарезной выработки. Показатели извлечения определяются исходя из установленной расчетной схемы.

При расположении нарезной выработки по почве или кровле камеры (рис. 1, а, б) рассчитываются величины площади подрабатываемых пород $S_{н,в}$ — по формуле (10) и площади пород в приконтактной зоне $S_{н,з}$ — по формуле (11).

При расположении нарезной выработки по центру камеры (рис. 1, в) потери и разубоживание при проходе нарезной выработки отсутствуют.

Площадь прихвата примешивающихся пород на оптимальном контуре отработки, m^2 :

$$S_{н,в} = S_{н,л} \quad (10)$$

$$S_{н,з} = \frac{b_{н,в}^2 \operatorname{tg} \alpha}{2} \quad (11)$$

где $S_{н,л}$ — площадь поперечного сечения нарезной выработки, m^2 ; $b_{н,в}$ — ширина нарезной выработки, m .

Исходя из соотношения рассчитанных площадей $S_{н,в}$ и $S_{н,з}$ принимаем схему расчета показателей извлечения (рис. 2).

Расчетная схема 1. При условии $0 \leq S_{н,з} \leq S_{н,в}$ — площадь подрабатываемой породы меньше или равна площади породы в приконтактной зоне (рис. 2, а).

Оптимальная величина подработки пород, т:

$$B_{н,в} = S_{н,л} L_{н,в} \gamma_{п,н} \quad (12)$$

Величина потерь полезного ископаемого на контакте, т:

$$П_{н,в} = \left(S_{н,л} \mu + \frac{b_{н,в}^2 \operatorname{tg} \alpha}{2} - b_{н,з} \sqrt{2 \mu S_{н,л} \operatorname{tg} \alpha} \right) L_{н,з} \gamma_{п,н} \quad (13)$$

где $L_{н,в}$ — длина нарезной выработки, m ; $B_{н,в}$ — величина подрабатываемых пород, т; $П_{н,в}$ — величина теряемого полезного ископаемого, т.

Значение положения оптимального контура отработки в приконтактной зоне, m :

$$h_{опт,н,в} = \sqrt{2 S_{н,л} \mu \operatorname{tg} \alpha} \quad (14)$$

Величина погашаемых балансовых запасов при проходе нарезной выработки, т:

$$B_{н,в} = \left(S_{н,л} L_{н,в} - \frac{B_{н,в}}{\gamma_{п,н}} + \frac{П_{н,в}}{\gamma_{п,н}} \right) \gamma_{п,н} \quad (15)$$

Расчетная схема 2. При условии $S_{н,з} > S_{н,в}$. Полностью отрабатываются запасы приконтактной зоны и исключаются потери полезного ископаемого в массиве на геологическом контакте и возникает возможность дополнительной подработки вмещающих пород за границей приконтактной зоны, что поз-

воляет наиболее полно использовать недра и увеличить объем добываемой товарной массы при обеспечении регламентированного качества товарного сырья (рис. 2, б).

Оптимальная величина подработки пород рассчитывается по формуле (12), величина потерь полезного ископаемого на контакте — по формуле (13).

Положение оптимального контура отработки в приконтактной зоне, m :

$$h_{опт,н,в} = \frac{b_{н,в} \operatorname{tg} \alpha}{2} + \frac{S_{н,л} \mu}{b_{н,в}} \quad (16)$$

Величина погашаемых балансовых запасов при проходе нарезной выработки определяется по формуле (15).

Расчет показателей извлечения при отработке запасов очистной выработки. Показатели извлечения определяются исходя из принятой схемы отработки запасов камеры — расположения нарезной выработки по высоте камеры (рис. 1).

Последовательность расчета показателей извлечения при отработке запасов очистной выработки.

1. Первоначально рассчитываются показатели при проходе нарезной выработки. В зависимости от ее расположения (рис. 1) и по установленной расчетной схеме (рис. 2):

— определяется оптимальная величина подработки вмещающих пород B по формуле (12);

— рассчитывается величина потерь полезного ископаемого в массиве $П$ по формуле (13);

— определяется величина погашаемых балансовых запасов при проходе нарезной выработки (формула (15)).

2. Рассчитываются величина и высота балансовых запасов, погашаемых очистной выработкой:

$$B_{о,в} = B_{н,в} - B_{н,л} \quad (16)$$

$$h_{о,в} = \frac{B_{о,в}}{b_{о,в} L_{о,в} \gamma_{п,н}}$$

где $B_{о,в}$ — величина балансовых запасов, погашаемых очистной выработкой, т; $h_{о,в}$ — высота балансовых запасов, погашаемых очистной выработкой (по оси камеры), m ; $b_{о,в}$ — ширина очистной выработки, m ; $L_{о,в}$ — длина очистной выработки, m ; $B_{н,л}$ — величина балансовых запасов камеры (определяется по формуле (1)), т.

При расположении нарезной выработки по центру камеры (рис. 1, в) очистная выемка осуществляется двумя забоями: верхним и нижним (потокоутупным и почвоутупным). Общая высота балансовых запасов, погашаемых очистной выработкой, равна сумме высот балансовых запасов по верхнему и нижнему забоям, m :

$$h_{о,в} = h_{о,в}^{\text{в}} + h_{о,в}^{\text{п}}$$

Величины высот балансовых запасов по верхнему и нижнему забоям определяются прямым методом.

3. При расположении очистной выработки по почве или кровле камеры (рис. 1, а, б) рассчитываются величины площади подрабатываемых пород $S_{н,в}$ — по формуле (10) и площади пород в приконтактной зоне $S_{н,з}$ — по формуле (11).

Площадь прихвата примешивающихся пород на оптимальном контуре отработки при оформлении очистной выработки, m^2 :

$$S_{н,в} = \frac{b_{н,в}^2 \operatorname{tg} \alpha}{2} \quad (17)$$

где $b_{\text{по.в}}$ — горизонтальная длина породы на оптимальном контуре отработки по ширине очистной выработки, м;

$$b_{\text{по.в}} = \frac{2\mu_{\text{по.в}} \text{tg}\alpha + \sqrt{4\mu_{\text{по.в}}^2 \text{tg}^2\alpha + 2h_{\text{по.в}} - b_{\text{по.в}} \text{tg}\alpha}}{2\text{tg}\alpha} \quad (18)$$

Исходя из соотношения рассчитанных площадей $S_{\text{по.в}}$ и $S_{\text{п.г}}$, принимается схема расчета показателей извлечения (рис. 2).

Расчетная схема 1. При условии $0 \leq S_{\text{по.в}} \leq S_{\text{п.г}}$ — площадь подработываемой породы меньше или равна площади породы в приконтактной зоне (рис. 2, а).

Величина прирезки пород на оптимальном контуре отработки в приконтактной зоне, т,

$$B_{\text{п.г}} = \frac{b_{\text{по.в}}^2 \text{tg}\alpha}{2} L_{\text{п.г}} \gamma_{\text{п.г}} \quad (19)$$

Величина потерь полезного ископаемого в массиве на оптимальном контуре отработки в приконтактной зоне, т,

$$\Pi_{\text{п.г}} = \frac{b_{\text{по.в}}^2 \text{tg}\alpha}{2} L_{\text{п.г}} \gamma_{\text{п.г}} \quad (20)$$

где длина участка полезного ископаемого по ширине выработки $b_{\text{по.в}}$, м, определяется по условию:

$$b_{\text{по.в}} = \frac{2b\text{tg}\alpha - 2\mu_{\text{по.в}} \text{tg}\alpha + \sqrt{4\mu_{\text{по.в}}^2 \text{tg}^2\alpha + 2h_{\text{по.в}} - b_{\text{по.в}} \text{tg}\alpha}}{2\text{tg}\alpha} \quad (21)$$

$$b_{\text{по.в}} \geq b_{\text{по.в}} \geq 0.$$

Положение оптимального контура отработки в приконтактной зоне, м, определяется из выражения $h_{\text{опт.в}} = b_{\text{по.в}} \text{tg}\alpha$. Величина погашаемых балансовых запасов при оформлении очистной выработки определяется по формуле (16).

Расчетная схема 2. При условии $S_{\text{по.в}} > S_{\text{п.г}}$. Полностью отработываются запасы приконтактной зоны, в результате чего исключаются потери полезного ископаемого в массиве на геологическом контакте и возникает возможность дополнительной подработки вмещающих пород за границей приконтактной зоны. При этом наиболее полно используются недра и увеличивается объем добываемой товарной массы при обеспечении регламентированного качества товарного сырья (рис. 2, б).

Оптимальная величина подработки пород рассчитывается по формуле (19).

Величина потерь полезного ископаемого на контакте определяется по формуле (20).

Значение положения оптимального контура отработки в приконтактной зоне, м, устанавливается по формуле:

$$h_{\text{опт.в}} = \frac{b_{\text{по.в}} \text{tg}\alpha}{2} + \frac{(b_{\text{по.в}} - b_{\text{по.в}})^2 \text{tg}\alpha}{b_{\text{по.в}}}$$

Величина погашаемых балансовых запасов при оформлении очистной выработки определяется по формуле (16).

При расположении карзной выработки по центру камеры (рис. 1, в) расчет показателей извлечения при очистных работах осуществляется на основании отработки нижнего и верхнего уступов обособленно, в соответствии с вышеизложенной последовательностью расчета.

Величины высот балансовых запасов по верхнему и нижнему уступам $h_{\text{по.в}}$ и $h_{\text{по.н}}$ определяются прямым методом. В формулах (18), (21) значение принимается соответственно равной высоте балансовых запасов по каждому уступу $h_{\text{по.в}} = h_{\text{по.н}} = h_{\text{по.в}}$.

Таким образом, рассмотрены возможные варианты последовательности расчета показателей извлечения нерудного минерального сырья на контактах залежей при стадийной отработке запасов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вохмин С. А., Требуш Ю. П., Ермолаев В. Л. Планирование показателей извлечения при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Красноярск: ГАПМЗ, 2002.
2. Отраслевая инструкция по определению, нормированию и учету потерь и разубоживания руды и песков на рудниках и приниках Министерства цветной металлургии СССР, М., 1975.
3. Методический подход к определению нормативных величин показателей извлечения нерудного сырья / С. А. Вохмин [и др.] // Маркшейдерия и недропользование. 2009. № 6.
4. Требуш Ю. П., Ермолаев В. Л. Определение взаимосвязанных потерь и разубоживания руды // Комплексное использование минерального сырья. 1982. № 7. С. 82—83.

Поступила в редакцию 15 февраля 2010 г.