

9. **Исманжанов, А.И.** Разработка и исследование солнечных сушильных установок для получения порошков сельхозпродуктов [Текст] / [А.И.Исманжанов, Б.С.Расаходжаев, Ж.Ч.Райымбаев, И.И.Асанбаев] // Наука. Образование. Техника. - Ош: КУУ, 2018. - № 2. - С. 13-23.
10. **Дилишатов, О.У.** Анализ и расчет солнечной радиации на территории города Ош и Карасуйского района [Текст] / О.У.Дилишатов, З.К.Эрмекова, Б.У.Хасанов // Наука. Образование. Техника. - Ош: КУМУ, 2022. - № 2. - С. 35-43.
11. **Эрмекова, З.К.** Разработка конструкции солнечной опреснительной установки для питьевого водоснабжения [Текст] / З.К.Эрмекова, И.И.Асанбаев // Наука. Образование. Техника. - Ош: КУМУ, 2023. - № 1. - С. 5-12.

DOI:10.54834/16945220_2023_3_5

Поступила в редакцию: 20.06. 2023 г.

УДК 622.83, 622.834.1

Абдибаитов Ш.А.*к.т.н., доц. Кыргызского горно-металлург. инст. им. У.Асаналиева, Кыргызская Республика***Ганиев Ж.М.***ст. преп. Кыргызского горно-металлург. инст. им. У.Асаналиева, Кыргызская Республика*

ЖЕР АСТЫНДАГЫ БОШТУКТАРДЫН КООПТУУЛУГУН АНЫКТОО ЫКМАЛАРЫ ЖАНА АЛАРДЫ ЖОЮУ ЖОЛДОРУ

Жумушта изилдөөнүн предмети катары жер астындагы боштуктардын кооптуулугун аныктоо ыкмалары жана аларды жоюу жолдору каралат. Изилдөөнүн максаты- руда казып алууда пайда боло турган жер астындагы боштуктардын кооптуулугун аныктоо жана көңдөйлөрдүн үстүндө жаткан тектердин урап түшүү мүнөзүнө жараша аларды оптималдуу, коопсуз жоюу ыкмаларын тандоо жана ошондой эле түртүлүп чыгарылган абанын ылдамдыгынын көрсөткүчүнө жараша ар бир казып алуучу бирдиктердин коопсуздугун аныктоо. Ошондой эле рудниктердеги жер астында топтолгон боштуктарынын кооптуулугун баалоо ыкмаларына жалпы талдоо жүргүзүү боюнча белгилүү жумуштарды талдоо жана аларды конкреттүү тоо-кен геологиялык шарттарда колдонуусун аныктоо. Изилдөө жүргүзүүнүн ыкмасы: жер астында иштетилген блок жана камераларды жоюунун белгилүү ыкмаларын тактоо. Илимий жаңылык: жер астында казып иштетүү системаларынын варианттарынын колдонуусуна жараша боштуктардын кооптуулугун аныктоо жана аба агымынын ылдамдыгына жараша боштуктарга кошулган тоо казмаларды бөлүп салуучу курулуштардын түрлөрүн тандоо. Практикалык сунуштар: илимий изилдөөлөрдүн кээ бир жыйынтыктары рудниктердин долбоорчуларына жана инженер-техникалык кызматчыларына катуу тоо тектерин жер астынан казып алууда тоо тулкусун башкаруу учурунда оптималдуу жана коопсуз ыкмасын тандоодо сунушталат.

Негизги сөздөр: жер астында иштетүү; боштуктар; кооптуулук; урап түшүү; руданын үстүндөгү тектер; аба агымынын ылдамдыгы; аба тулкусу; категория; жоюу.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ПУСТОТ И СПОСОБЫ ИХ ПОГАШЕНИЯ

Предметом исследования рассматриваются определения опасности подземных пустот и способы их устранения. Целью исследования является оценка степени опасности образуемых в процессе добычи руд подземных пустот и по характеру обрушений пород кровли выработанных пространств, выбор наиболее оптимального и безопасного способа их погашения. Также анализ известных работ по оценке степени опасности на рудниках и их применимости в конкретных горно-геологических условиях. Метод исследований: обобщенный анализ методов оценки опасности накопленных объемов подземных выработанных пространств рудников. Научная новизна: в зависимости от применяемых вариантов систем подземной разработки можно оценить опасность подземных пустот и выбрать тип изолирующих сооружений по скорости воздушного потока в подходящих выработках, а также в зависимости от величины скорости выталкиваемого воздуха

выборочно определить степень опасности каждой выемочной единицы. Практические рекомендации: отдельные результаты научных исследований рекомендуется использовать проектировщикам и инженерно-техническому персоналу рудников при выборе оптимального и безопасного метода управления горным давлением при подземной разработке месторождений твердых полезных ископаемых.

Ключевые слова: подземная разработка; пустоты; опасность; обрушение; кровля; скорость воздушного потока; воздушный удар; категория; погашение.

METHODS FOR ASSESSING THE DANGER OF UNDERGROUND VOIDS AND WAYS TO EXTINGUISH THEM

The subject of the research is methods for determining the danger of underground voids and ways to eliminate them. In this work, the purpose of the study is to assess the degree of danger of underground voids formed during ore mining and, based on the nature of collapses of the roof rocks of mined-out spaces, to select the most optimal and safe way to extinguish them. Also an analysis of known works on assessing the degree of danger in mines and their applicability in specific mining and geological conditions. Research method: generalized analysis of methods for assessing the danger of accumulated volumes of underground mined-out spaces in mines. Scientific novelty: depending on the variants of underground mining systems used, it is possible to assess the danger of underground voids and select the type of insulating structures based on the speed of air flow in the approach workings, and also, depending on the speed of the ejected air, selectively determine the degree of danger of each excavation unit. Practical recommendations: individual results of scientific research are recommended to be used by designers and engineering and technical personnel of mines when choosing the optimal and safe method of controlling rock pressure during underground mining of solid mineral deposits.

Key words: underground mining; voids; danger; collapse; roof; air flow rate; air strike; category; redemption.

Подземная разработка рудных месторождений при производстве очистной выемки любыми вариантами систем сопровождается образованием пустот, объем которых нередко достигает нескольких десятков и даже сотен тысяч м³. Подземные пустоты представляют серьезную опасность для горнорабочих из-за возможных воздушных ударов, происходящих при внезапном самообрушении рудных потолочин или вмещающих пород. При этом, находящийся в пустотах воздух в течение короткого промежутка времени, исчисляемого несколькими секундами (продолжительностью падения обрушающихся масс породы), выталкивается из пустоты в действующие выработки шахты большой скоростью и давлением производя разрушение и сметающего все на своем пути.

Опасность подземных пустот определяется целым рядом факторов, к которым необходимо отнести накопленный объем пустот, время их образования и последствия в результате внезапного разрушения целиков, и обрушения массива налегающих пород.

Наибольшую опасность в отношении воздушного удара представляет внезапное обрушение пород всячего бока, когда заполнения пустоты обрушенными породами происходит по всей площади обнажения нависающих пород кровли. Так, исследованиями ряда ученых ИГД УрО РАН в области изучения аэродинамических закономерностей в пустотах была установлена зависимость между скоростью воздушного потока и изменением его объема [1]:

$$V_6 = \sqrt{\frac{\rho_1(U_1 - U_2)}{U_2} \frac{S}{\alpha LP}}, \quad (1)$$

где: ρ_1 – давление воздуха до его сжатия, Па;

U_1, U_2 – объемы воздуха до и после сжатия, Па;

S – площадь поперечного сечения выработок, m^2 ;

α – коэффициент сопротивления воздуха;

L – длина выработки до места, где производится определение падения давления воздуха, m ;

P – периметр выработки, m .

Данная формула была применена для условий протяженных мощных залежей железных руд Урала, где подземная разработка производилась системами с обрушением пород.

Основываясь на классических законах механики и современной теории фильтрации В.Р. Именитов, В.Ф. Абрамов и А.Н. Меркулов получили следующую зависимость [2]:

$$U_{\max} = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} \frac{P_k}{\rho_k} \left(1 - \frac{P_{\max}}{P_k}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}, \quad (2)$$

где: U_{\max} – максимальная скорость истечения воздуха из пустоты, m/c ;

P_k – давление воздуха в камере, Pa ;

P_{\max} – максимальное давление на выходе из камеры, Pa :

$$P_{\max} = \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} P_k, \quad (3)$$

где: γ – показатель адиабаты, для воздуха $\gamma = 1,41$;

ρ_k – плотность воздуха, kg/m^3 .

Подставляя (3) в (2) и числовое значение $\gamma = 1,41$, получим

$$U_{\max} = 0,6\sqrt{P_k} \quad (4)$$

Для условий Криворожского месторождения Г.М. Малаховым получено выражение [3]:

$$W = \sqrt{2g \frac{k}{k-1} P_1 V_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}, \quad (5)$$

где: W – скорость истечения воздуха из пустоты, m/c ;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 ;

k – показатель адиабаты;

P_1 – давление воздуха в пустоте, Pa ;

P_2 – давление воздуха в атмосфере, Pa ;

V_1 – объем воздуха в пустоте, m^3 .

Экспериментальными исследованиями на моделях Г.М. Малаховым получены аналогичные зависимости с добавлением в (2) скорости падения и объема камер.

Использование приведенных формул для определения скорости истечения воздуха, и следовательно, определить степень опасности той или иной пустоты связаны с трудностями, так как давление воздуха в пустоте при обрушении потолочин или кровли камер – величина

неизвестная. Существующие методы расчета скорости воздушных потоков на выходе из камер при обрушениях, несмотря на ряд допущений в расчетных схемах, учитывают такие основные факторы, как размеры пустот, фильтрацию воздуха через обрушающиеся породы и в породной подушке, количество выработок, примыкающих к пустоте, площади их поперечных сечений и другие. Однако, во всех расчетных схемах обрушение налегающих пород принимается одновременным по всей площади кровли. Для практических расчетов необходимо иметь ввиду, что обрушения вмещающих пород на многих месторождениях происходят не по всей площади камер. По периметру камер и целиков остаются необрушившиеся консоли, размеры которых зависят от горно-геологических и горно-технологических условий разработки. Следовательно, определение скорости воздушного потока должно производиться с учетом характера самообрушений кровли камер в зависимости от параметров обнажений и физико-механических свойств пород [4-6]. Поэтому, в практических условиях при отработке рудных залежей предлагается оценить степень опасности подземных пустот следующим образом:

$$V_{\max} = \frac{\eta S_k \sqrt{2gh_k}}{S_n + (1 - \eta)S_k}, \quad (6)$$

где: V_{\max} – скорость выхода воздуха из камеры, м/с;

η – коэффициент обрушения,

$$\eta = \frac{S_{\text{обр}}}{S_k};$$

$S_{\text{обр}}$ – площадь обрушающихся пород, м²;

S_k – площадь камеры, м²;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h_k – высота камеры по вертикали, м;

S_n – суммарная площадь поперечного сечения всех подходных выработок, м².

Определив скорость воздушного потока по формуле (6) можно установить степень опасности обрушения данной камеры. Учитывая внезапность действия воздушного потока, опасной следует считать скорость движения воздуха, которая превышает 15м/с. Следовательно, если при обрушении скорость выхода воздуха из камеры $V_{\max} < 15\text{м/с}$, то обрушение данной камеры можно считать неопасным.

В зависимости от скорости воздушного потока можно выделить по степени опасности три категории пустот:

1 – неопасные (скорость выхода воздуха $V \leq 15\text{м/с}$);

2 – пустоты, требующие сооружения изоляционных перемычек в подходных выработках (скорость воздуха у выхода $15\text{м/с} < V < 100\text{м/с}$);

3 – пустоты, представляющие повышенную опасность и требующие специального решения (когда $V > 100\text{м/с}$).

Выемочные блоки и камеры даже в пределах одного горизонта могут находиться в разных условиях, и отдельные камеры или блоки могут иметь более высокую степень опасности, чем накопленные пустоты на горизонте или в руднике в целом. Поэтому оценку степени опасности необходимо производить по руднику в целом, по горизонтам и отдельным камерам, блокам, и принять своевременные меры по их погашению [6].

В настоящее время наиболее распространенными способами ликвидации подземных пустот являются обрушение, закладка и поддержание. При этом использование каждого из этих способов ограничивается условиями применения. Так, обрушение вмещающих пород

используется в тех случаях, когда естественным путем поддерживать налегающий массив невозможно или нецелесообразно (из-за больших потерь руды в целиках), а необходимость земной поверхности и вообще поддержание налегающей толщи пород ограничивает применение такого метода погашения. Закладка выработанного пространства наиболее трудоемкий и дорогостоящий процесс, но дает возможность отработать месторождение без оставления целиков, обрушения вмещающих пород и следовательно, обеспечить минимальные потери, и разубоживание руды (что особенно важно при разработке ценных руд), сохранить ненарушенными налегающие массивы и земную поверхность (при полной и плотной закладке), отрабатывать самовозгорающиеся руды, разместить под землей часть отходов производства. Поддержание подземных пустот различного рода целиками производится за счет естественной устойчивости руд и вмещающих пород, и как следствие обеспечивает наиболее экономичный, и простой способ погашения. Однако, в связи с углублением горных работ этот способ приобретает существенные недостатки – увеличиваются потери руды и самое главное – появляется опасность внезапных обрушений [7-8].

Выводы:

1. Выявлено, что при отработке небольших залежей безопасность работ обеспечивается изоляцией подземных пустот от действующих горизонтов и выработок, сооружением перемычек или породных завалов. При значительной протяженности залежей погашение пустот производят разделением пустот на отдельные участки изолирующими сооружениями или оставлением массивных барьерных целиков. В последующем массивные целики отрабатываются и происходит полная посадка кровли;

2. Определено, что в сложных горно-геологических условиях (изменения мощности, угла падения, морфологии рудных тел и так далее) следует отдать предпочтение комбинированному способу погашения подземных пустот, как наиболее эффективному.

Список литературы:

1. **Влох, Н.П.** Управление горным давлением на железных рудниках [Текст] / Н.П. Влох, А.Д. Сашурин. – М.: Недра, 1974. -184 с.
2. **Именитов, В.Р.** Локализация пустот при подземной добыче руды [Текст] / В.Р. Именитов, В.Ф. Абрамов, В.В.Попов. – М.: Недра, 1983. -192 с.
3. **Малахов, Г.М.** Управление горным давлением при разработке рудных месторождений Криворожского бассейна [Текст] / Г.М.Малахов. –Киев: Наукова Думка, 1990. – 204 с.
4. **Галаев, Н.З.** Управление состоянием массива горных пород при подземной разработке рудных месторождений [Текст] / Н.З. Галаев. –М.: Недра, 1990. – 176 с.
5. **Борщ-Компонице, В.И.** Горное давление при отработке мощных пологих рудных залежей [Текст] / В.И. Борщ-Компонице, А.Б. Макаров. –М.: Недра, 1986. – 271 с.
6. **Ялымов, Н.Г.** Теоретические основы управления давлением пород при разработке месторождений в горных районах [Текст] / Н.Г. Ялымов. –Бишкек: Илим, 1992. -184 с.
7. **Абдибаитов, Ш.А.** Методы погашения подземных пустот на рудниках [Текст] / Ш.А. Абдибаитов, Ж.М. Ганиев, М.А. Эрматов // Горный журнал КГГУ им. акад. У.Асаналиева. – Бишкек: КГГУ, 2020. – Т1(1). - С.142-146.
8. **Тажибаев, К.Т.** Выбор и обоснование дробильного оборудования для циклично-поточной технологии при открытой разработке месторождения Джеруй [Текст] / К.Т.Тажибаев, Б.К.Карабаева, Д.К.Тажибаев // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУМУ, 2023.- С. 19-23.

DOI:10.54834/16945220_2023_3_11

Поступила в редакцию: 05.10. 2023 г.