
УДК 622.273.217.4

Кузьменко А.М., д-р техн. наук, проф.
Петлёваный М.В.
(ГВУЗ «НГУ»)

**СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ
НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ УКРАИНЫ**

Кузьменко О.М., д-р техн. наук, проф.
Петльованый М.В.
(ДВНЗ «НГУ»)

**СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАКЛАДНИХ РОБІТ
НА ПІДЗЕМНИХ РУДНИКАХ УКРАЇНИ**

Kuzmenko A.M., D. Sc. (Tech.), Professor
Petlyovany M.V.
(NGU)

**SITUATION AND TRENDS OF STOWING DEVELOPMENT
IN UNDERGROUND MINES OF UKRAINE**

Аннотация. В статье выполнен анализ применения закладочных работ на современных рудниках мира и Украины. Показано значение систем разработки с закладкой. Проведен анализ составов твердеющей закладки и отмечено, что в качестве вяжущего приоритет отдается цементам, хвостам и пескам, однако при больших объемах закладочных работ целесообразнее использовать шлаковые вяжущие материалы. Выявлен характер влияния глубины разработки на выбор прочности твердеющей закладки. Тенденция увеличения расхода вяжущего в составах показывает, что требуется научный поиск экономичных путей повышения прочности закладочного массива. Рассмотрены перспективы возобновления закладочных работ на рудниках Кривбасса для ведения горных работ по извлечению глубокозалегающих природно-богатых руд. Рассмотрены варианты возможных компонентов закладочной смеси, для условий Кривбасса, состоящие из цемента, шлаков, пустых пород (хвостов) для упрощения схемы закладочного комплекса. Поставлен акцент на совершенствование схем приготовления твердеющей закладки, использование новой измельчительной техники, проведения научных исследований по эффективной дисперсности вяжущего материала. Представлены данные исследований формирования аналогичной прочности закладки при разной дисперсности и расходе вяжущего материала, в результате чего достигается энергоэффективность процесса измельчения.

Ключевые слова: закладочные работы, прочность твердеющей закладки, системы разработки с закладкой, состав твердеющей закладки, схема приготовления закладки.

Состояние вопроса. В современных условиях развития мировой и отечественной горнорудной промышленности для повышения конкурентоспособности минерального сырья на мировом рынке вопрос наиболее полного и качественного извлечения ценных компонентов из недр с минимальными затратами при

этом имеет наиболее важное значение. При добыче ценных полезных ископаемых подземным способом этот вопрос решается при помощи применения закладки выработанного пространства. На крупных горных предприятиях, разрабатывающих месторождения ценных руд, распространение получила твердеющая закладка.

При использовании систем разработки с твердеющей закладкой значительная доля затрат (до 15-25%) в добыче руды приходится на закладочные работы [1]. Однако повышение безопасности работ и снижение затрат физического труда на поддержание выработанного пространства оправдают повышенную себестоимость добываемой руды [2]. Пути достижения нормативной прочности искусственного массива при минимальных затратах на его формирование является важной производственной и научно – практической задачей.

Основная часть. Твердеющая закладка успешно применяется за рубежом в Канаде, США, Японии, Швеции, Финляндии, Индии, Германии, Австралии при разработке полиметаллических, медных, железных и других руд [3-5]. Удельный вес систем разработок составляет: 38,3% - горизонтальными слоями с закладкой, 36,7% - камерные с подэтажной отбойкой, 10,9% - камерно-столбовая с закладкой и прочие.

В настоящее время системами с твердеющей закладкой в странах СНГ добывается 25% руд цветных и ценных металлов, в Австралии - 30%, в Канаде - 40%, в Финляндии - 85%, во Франции - 87% [3]. Это свидетельствует об эффективности применения этих систем разработки, несмотря на дополнительные расходы, которые перекрываются качеством полученной продукции и отсутствием затрат на обогащение.

Глубина ведения горных работ является главным критерием, регламентирующим прочность закладочного массива из твердеющих смесей. Анализ крупнейших отечественных рудников по добыче руд черных и цветных металлов подземным способом системами разработки с твердеющей закладкой позволил выявить закономерную тенденцию изменения прочности твердеющей закладки в зависимости от глубины разработки месторождений (рис. 1).

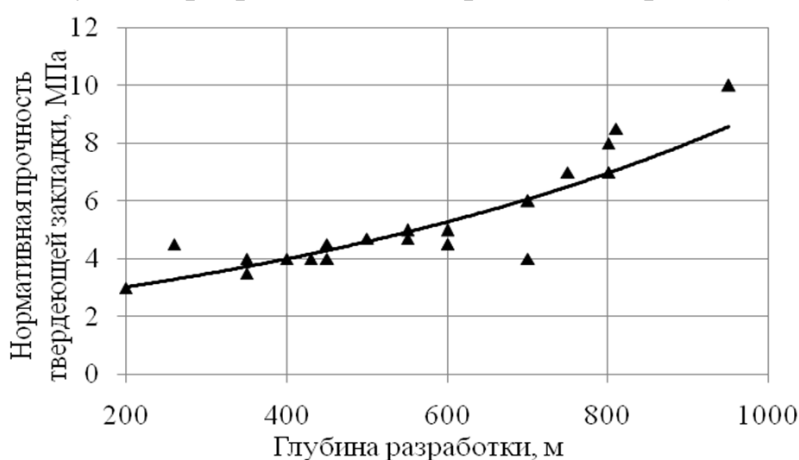


Рис. 1 – Тенденция изменения прочности твердеющей закладки в зависимости от глубины разработки

Из графика (рис. 1) следует, что глубина разработки существенно влияет на прочностную характеристику твердеющей закладки, изменяя ее в интервале 200-900 м в 2,5-3 раза. Следовательно, пренебрежение прочностью закладки в условиях возрастающих глубин разработки, особенно месторождений со сложными горно-геологическими условиями, опасных по горным ударам, с позиции безопасности ведения горных работ недопустимо. На глубинах разработки свыше 600 м расход вяжущих компонентов составляет 300 кг/м³ и более. Сложившаяся ситуация требует поиск экономичных путей повышения прочности закладочного массива.

Анализ компонентных составов твердеющей закладки мировых и отечественных рудников показал, что на сегодняшний день наиболее распространенным видом вяжущего материала служит цемент (на 70% рудниках), в качестве инертного заполнителя – пески, хвосты обогащения (28 и 26% соответственно), что представлено на рис. 2.

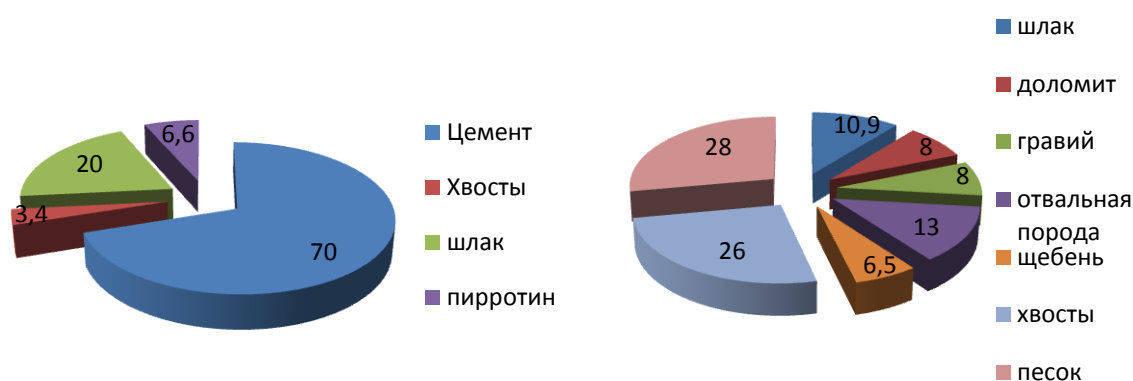


Рис. 2 - Диаграмма использования материалов в закладочных работах, %:
а - вяжущие материалы, *б* - инертные материалы

В зарубежной практике разработки месторождений с закладкой в качестве вяжущего материала приоритет отдается цементам, в отечественной практике – металлургическим шлакам. Считается более целесообразно использовать простой и дешевый поверхностный закладочный комплекс при незначительном расходе вяжущего (цемента) в сравнении с использованием шлака, так как их транспортировка от металлургических заводов до рудника и подготовка (размол) дороже стоимости эквивалентного количества цемента [6]. Однако при больших производственных мощностях рудников и соответственно объемов закладочных работ использование цемента в качестве основного вяжущего экономически нецелесообразно.

В зарубежной практике основными компонентами твердеющей закладки служат цемент и хвосты обогащения. Соотношение вяжущего и заполнителя в закладочной смеси может достигать в некоторых случаях 1:20-1:30. Расход вяжущего материала увеличивают до 1:7 при создании прочных искусственных слоев закладки для передвижения самоходной техники. Низкие требования к составу твердеющей закладки на зарубежных рудниках делают ее достаточно выгодной.

Количество крупнейших горных предприятий в Украине, осуществляющих разработку запасов железных и урановых руд подземным способом - 10, из них применяющих твердеющую закладку – 3, что составляет 33%. Вид системы разработки – поэтажно – камерная с последующим заполнением выработанного пространства твердеющей смесью. Залегание богатых рудных залежей с углом падения 55-90° при их мощности 10-100 м является идеальными условиями для применения этих систем.

В представленной работе приводится анализ компонентных составов твердеющей закладки, способов их приготовления, прочностных характеристик искусственного массива на рудниках Украины, применяющих камерные системы разработки с твердеющей закладкой.

Запорожский железорудный комбинат разрабатывает богатые железные руды Южно-Белозерского месторождения. В настоящее время принят следующий состав закладки: молотый доменный гранулированный шлак «Запорожсталь» - 400-500 кг, отходы флюсового известняка – 900-1150 кг, отвальная дробленая горная порода - 400-500 кг, вода – 350-400 л. Прочность формируемого закладочного массива составляет 6-7 МПа. Разубоживание 1-4%, потери 8%. Объем закладочных работ составляет 1,2 млн. м³/год. Глубина разработки 740 м. Постепенное наращивание производственной мощности комбината приводит к значительному объему производства закладочных работ (рис.3). В условиях значительных объемов производства закладочной смеси вопрос ее удешевления постоянно является актуальным.

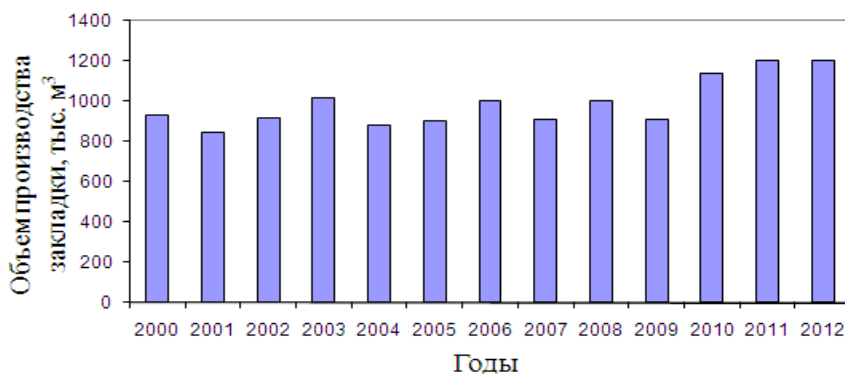


Рис. 3 - Диаграмма производства закладочных работ на ЗЖРК

Государственное предприятие «ВостГОК» разрабатывает урановые руды Ватутинского месторождения. Для снижения себестоимости в закладочную смесь добавляют дробленые горные породы до крупности 15 мм. Состав 1 м³ смеси: шлак – 200-300 кг; песок – 650-750 кг; порода дробленая – 750 кг; вода шахтная - 300-400 л. Отработка запасов руды на шахте производится с помощью этажно-камерной системы с твердеющей закладкой. Объем закладочных работ составляет 0,5 млн. м³/год. Прочность закладочного массива составляет 3-5 МПа. Глубина разработки – 550 м.

ООО «Восток-Руда». Система разработки - этажно-камерная с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью. Состав закладочной смеси: доменный гранулированный шлак (с тонкостью помола не менее 50% частиц -

0,074мм) - 400-500кг; хвосты обогатительной фабрики - 1500-1600кг; вода - 400-450кг. Потери 5,7% разубоживание 7,1%. Объем закладочных работ составляет 0,45 млн. м³/год. Прочность закладки 5 МПа в возрасте 6 месяцев. Глубина ведения горных работ -550 м.

На рудниках Украины, применяющих твердеющую закладку, используется совместный способ приготовления смеси, при котором все закладочные компоненты подаются в смеситель и поступают в однородной массе в выработанное пространство. Шлаковые вяжущие подготавливаются путем размолла в шаровых мельницах, которые имеют значительные энергетические затраты. При совместном способе приготовления закладочной смеси в выработанном пространстве формируется искусственный массив слоистой структуры, связанный с прерыванием операций его возведении. Основные причины заключаются в остановке закладочного комплекса: забутовка материала (слеживание на складе); закупорка закладочного трубопровода смесью; периодическая промывка шаровых мельниц; замена шаров мельниц, срочные остановки, связанные с неисправностями. Измельчительное оборудование закладочных комплексов требует модернизации и автоматизации процессов для повышения качества ведения закладочных работ. Современные измельчительные агрегаты позволяют бесперебойно доводить шлаковые фракции до требуемой дисперсности с минимальными энергетическими затратами. В закладочном массиве очистной камеры, имеющем слоистое, неоднородное строение, прочность закладки по вертикали и горизонтали отличается на 25-30% [7, 8]. Результатом остановок закладочного комплекса является расслоение закладочной смеси. Изменение соотношения составляющих компонентов в расслоившейся части закладки уменьшает более чем на 1/3 расчетные прочностные свойства [9].

На сегодняшний день при разработке железных руд Кривбасса подземным способом применяются камерные системы разработки и системы разработки с обрушением налегающих пород. Запасы природно-богатых железных руд прослеживаются до глубины 3-3,5 км [10]. Уже на глубине 1400 м возникают серьезные вопросы о перспективах и эффективности дальнейшего извлечения запасов руд. Во времена советского союза на руднике им. Коминтерна, им. Ильича применяли камерную систему разработки с твердеющей закладкой. Компонентами закладочной смеси в 1 м³ служили молотые гранулированные шлаки 400-500 кг, пески, хвосты обогащения до 1500 кг. По экономическим соображениям руднику пришлось со временем отказаться от данного вида системы разработки.

Учитывая грандиозные запасы шлаков металлургического производства, хвостов обогащения, накопленных пустых пород считаем целесообразным осуществление закладочных работ в настоящее время. В Кривбассе в хвостохранилищах сосредоточено от 4 до 6 млрд. тонн отходов обогащения бедных железных руд, которые успешно могут использоваться в качестве инертного заполнителя [11]. Применение твердеющей закладки позволит производить фактически бесцеликовую выемку богатых руд, снизить потери и разубоживание, использовать дешевые местные материалы для выполнения закладочных

работ, снизить опасность образующихся пустот.

Перспективным направлением может служить создание закладочного комплекса, обслуживающего несколько близлежащих рудников для извлечения богатых руд. В данном случае в качестве минимальных капитальных вложений возможно строительство упрощенного и дешевого закладочного комплекса, без размольного оборудования. Упрощенная схема закладочного комплекса представлена на рис. 4.

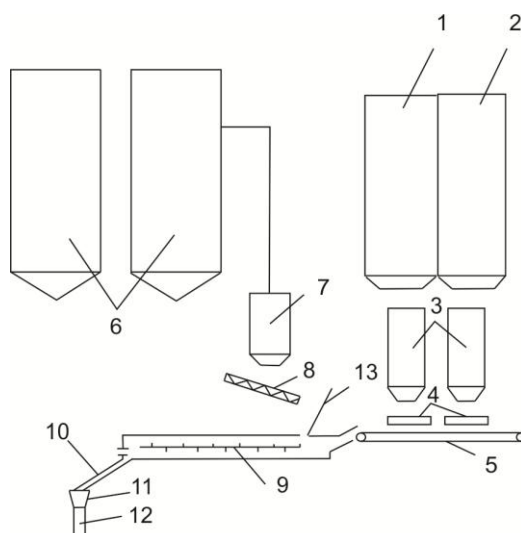


Рис. 4 – Схема закладочного комплекса [12]

- 1, 2 – бункера для инертных заполнителей; 3 – расходные бункера инертных заполнителей; 4 – питатели – дозаторы; 5 – сборный конвейер; 6 – цементные силосы; 7 – расходный силос цемента; 8 – шнековый питатель-дозатор; 9 – смеситель; 10 – наклонный трубопровод; 11 – приемная, воронка; 12 – закладочный трубопровод; 13 – промыводопровод

В качестве вяжущего материала рекомендуется использование цемента, инертным заполнителем могут служить металлургические шлаки и породы от проведения горных выработок. Проведением соответствующих исследований возможен подбор экономичных составов закладочной смеси при данных компонентах прочностью до 5-8 МПа. Возможно, также использование закладочных смесей из незначительной части цемента (3-5%) с хвостами обогащения, но только в качестве закладочного материала для камер второй очереди. При взаимодействии данных компонентов есть вероятность формирования неустойчивые структуры, приводящих к снижению прочностных характеристик искусственного массива.

Значительный вклад в развитие закладочных работ внесли исследования В.П. Волощенко. Главным направлением в совершенствовании закладочных работ он считал механоактивацию или химическую активацию компонентов закладки с переходом на двухстадийную схему измельчения вяжущего материала [13]. При этом основной задачей является установление оптимума между расходом вяжущих материалов, их дисперсностью и прочностью формируемого массива для сохранения удовлетворительных экономических показателей.

Увеличение удельной поверхности вяжущего материала возможно при двухстадийной схеме его измельчения. На первой стадии используются шаро-

вые мельницы, производящие предварительное дробление исходных фракций вяжущих материалов. Для осуществления второй стадии измельчения можно рассмотреть использование мельниц тонкого и сверхтонкого измельчения производства Metso (США) серии VERTIMILL, SMD или производства Xstrata (Швейцария) серии IsaMill, которые хорошо зарекомендовали себя в области сверхтонкого измельчения на мировом горнодобывающем рынке.

Нашими исследованиями установлено, что при соотношении 1:5 вяжущее – заполнитель удельной поверхности вяжущего материала $2000 \text{ см}^2/\text{г}$ (55% фракций крупностью – 0,074 мм) формируется прочность закладочного массива в возрасте 30 дней 3,5 МПа. При соотношении 1:13 вяжущее – заполнитель и удельной поверхности $2800 \text{ см}^2/\text{г}$ достигается аналогичная прочность. При этом энергозатраты возрастают на $4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}$, но одновременно снижается расход вяжущего материала в 1 м^3 закладочной смеси в 3,5 раза.

Мировой опыт использования указанных агрегатов показывает, что при данной схеме измельчения энергозатраты могут быть снижены на 30%.

Выводы. Исходя из проведенного анализа, можно отметить следующее.

- С увеличением глубины разработки месторождений системами с закладкой наблюдается закономерная тенденция повышения прочности закладочных массивов. Начиная с глубины 500-600 м, расход вяжущих компонентов составляет свыше $300\text{-}350 \text{ кг}/\text{м}^3$, при переходе на глубины свыше 1000 м стоимость закладочных работ значительно возрастет. Сложившаяся ситуация требует научный поиск экономичных путей повышения прочности закладочного массива.

- Раскрыты перспективы возобновления закладочных работ на рудниках Кривбасса, предполагающие использование упрощенного закладочного комплекса и местных промышленных отходов (шлаки, хвосты).

- В условиях понижения глубины разработки богатых руд системами разработки с твердеющей закладкой научные исследования следует развивать в направлении совершенствования схем приготовления закладочной смеси, достижения оптимума между расходом вяжущих веществ и их дисперсности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупник, Л.А. Закладочные смеси высокой плотности, их свойства и перспективы применения / Л.А. Крупник, Г.В. Соколов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2005. - №11. - С. 237-240.
2. Дробот, Б.П. Обоснование перехода от систем разработки с обрушением к системам с твердеющей закладкой / Б.П. Дробот, Б.К. Миняев, К.Н. Светлаков [и др.] // Горный журнал. -1971.- №1. - С. 37-39.
3. Кравченко, В.П. Применение твердеющей закладки при разработке рудных месторождений/ В.П. Кравченко, В.В. Куликов. - М.: Недра, 1974. - 200 с.
4. Петренко, А.А. Разработка месторождений с опережающей выемкой богатых руд на большой глубине/ А.А. Петренко, В.Г. Иванов// М.: Недра, 1972. - 200 с.
5. Хомяков, В.И. Зарубежный опыт закладки на рудниках /В.И. Хомяков. - М.: Недра, 1984. – 224 с.
6. Требуков, А.Л. Применение твердеющей закладки при подземной добыче руд. - М.: Недра, 1981. – 172 с.
7. Цыгалов, М.Н. Разработка месторождений полезных ископаемых с монолитной закладкой / М.Н. Цыгалов, Д.Э. Зурков - М: Недра, 1970. - 176 с.
8. Савич И.Н. Порядок и варианты технологии подземной разработки руд с закладкой вырабо-

танного пространства / И.Н. Савич // Горная промышленность. - 1999. - №2. - С.5-9.

9. Ляшенко, В.И. Научно-технические основы природоохранных технологий подземной разработки урановых месторождений / В.И. Ляшенко, А.Х. Дудченко, А.А. Ткаченко // Экологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2008. - № 4. - С. 34-42.

10. Дядечкин, Н.И. Перспектива развития горных работ в Криворожском бассейне / Н.И. Дядечкин, Е.К. Бабец // Збірник наукових праць за результатами роботи Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22–23 квітня 2011 р.). – Кривий Ріг : Видавничий дім. - 2011. – С. 28 – 30.

11. Вилкул, Ю.Г. Проблемы расширения сырьевой базы и утилизации отходов горнометаллургической промышленности. Качество минерального сырья/ Ю.Г. Вилкул, А.А. Азарян// Сборник научных трудов. – Кривой Рог. - 2011. – С. 9-19.

12. Справочник по горнорудному делу / Под ред. В.А. Гребенюка, Я.С. Пыжьянова, И.Е. Ерофеева. М., Недра, 1983. - 816 с.

13. Волощенко, В.П. Геомеханические основы разработки мощных железорудных месторождений системами с закладкой: Дис. докт. техн. наук. 05.15.02, Днепропетровск, 1985. – 314с.

REFERENCES

1. Krupnik, L.A. and Sokolov, G.V. (2005), "Backfill mixture of high-density, their properties and application prospects", *Gornyi informacionno-analiticheskiy buylleten* [Mining information -analytical bulletin], vol. 11, pp. 237-240.

2. Drobot, B.P., Minyaev, B.K., Svetlakov, K.N. and ect. (1971), "Justification transition from development systems with the collapse of the systems with hardening bookmark", *Gornyi zhurnal* [Mining Journal], no.1, pp. 37-39.

3. Kravchenko, V.P. and Kulikov, V.V. (1974), *Primenenie tverdeyushchey zakladki pri razrabotke rudnykh mestorozhdeniy* [Application hardening bookmarks in the development of mineral deposits], Nedra, Moscow, Russia.

4. Petrenko, A.A. and Ivanov, V.G. (1972), *Razrabotka mestorozhdeniy s operezhayushchey vyemkoy bogatykh rud na bolshoy glubine* [Field development with early recess rich ore at depth], Nedra, Moscow, Russia.

5. Номыakov, V.I. (1984), *Zarubezhnyu opyt zakladki na rudnikakh* [Foreign Experience tab in the mines], Nedra, Moscow, Russia.

6. Trebukov, A.L. (1981), *Primenenie tverdeyushchey zakladki pri podzemnoy dobyche rud* [Application hardening backfill underground mining ores], Nedra, Moscow, Russia.

7. Tsygalov, M.N. and Zurkov, D.E. (1970), *Razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh smonolitnoy zakladkoy* [Mining with a monolithic backfill], Nedra, Moscow, Russia.

8. Savich, I.N. (1999), "The order of options and technologies of underground development ore mined-out space", *Gornaya promyshlennost* [Mining], no.2, pp. 5-9.

9. Lyashenko, V.I., Dudchenko, A.H. and Tkachenko, A.A. (2008), "Scientific and technical basis of environmental technologies of underground mining of uranium deposits", *Ekologiya dovkillja ta Bezpeka zhittediyalnosti* [Ecology Environment and Safety], no. 4, pp. 34-42.

10. Dyadechkin, N.I. and Babets, E.K. (2011), "The prospect of mining operations in the Krivoy Rog basin", *Zbirnik naukovykh Prats po rezultatam Mizhnarodnoi nauково tekhnichnoi konferentsii* [Collection of scientific works the results of the International Scientific and Technical Conference], Krivoy Rog, Ukraine, 22-23 April 2011, pp. 28 - 30.

11. Vilkul, Yu.G. and Azaryan A.A. (2011), "The problems of expanding the resource base and waste mining industry. The quality of mineral resources", *Zbirnyk naukovykh prats* [Collection of scientific works], Krivoy Rog, pp. 9-19.

12. Grebenyuk, V.A., Pyzhyanova Ya.S. and Erofeeva, I.E. (ed) (1983), *Spravochnik po gornomu delu* [Reference to mining business], Nedra, Moscow, Russia.

13. Voloschenko, V.P. (1985), "Geo-mechanical basis for the development of powerful iron ore systems with a backfill", Abstract of D.Sc. (Tehn.) Dissertation, Science 05.15.02, Kiev, Ukraine.

Об авторах

Кузьменко Александр Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры подземной разработки месторождений, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, kuzmenkoa@ntu.org.ua.

Петлёванный Михаил Владимирович, ассистент кафедры подземной разработки месторождений, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, petlyovanyu@yandex.ru.

About the authors

Kuzmenko Alexander Mykhailovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Underground Mining Department, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnepropetrovsk, Ukraine, kuzmenkoa@nmu.org.ua.

Petlyovany Mikhail Vladimirovich, assistant of Underground Mining Department, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnepropetrovsk, Ukraine, petlyovany@yandex.ru.

Анотація. У статті виконаний аналіз застосування закладних робіт на сучасних рудниках світу і України. Показано значення систем розробки із закладкою. Виявлено характер впливу глибини розробки на вибір міцності твердіючого закладення. Тенденція збільшення витрат в'язучого матеріалу у складах закладення показує, що потрібен науковий пошук економічних шляхів підвищення міцності закладного масиву. Проведено аналіз складів твердих сумішей і відзначено, що в якості в'язучого пріоритет віддається цементам, хвостам і піскам, однак при великих обсягах закладних робіт доцільніше використовувати шлакові в'язучі матеріали. Розглянуто перспективи відновлення закладних робіт на рудниках Кривбасу для ведення гірничих робіт з вилучення природничо-багатих руд з глибоких горизонтів. Розглянуто варіанти можливих компонентів закладної суміші для умов Кривбасу, які складаються з цементу, шлаків, пустих порід (хвостів) для спрощення схеми закладного комплексу. Поставлено акцент на вдосконалення схем приготування твердіючого закладення, використання нової подрібнювальної техніки, проведення наукових досліджень з ефективною дисперсності в'язучого матеріалу. Представлені дані досліджень формування аналогічної міцності закладення при різній дисперсності і витраті в'язучого матеріалу, у результаті чого досягається енергоефективність процесу подрібнення.

Ключові слова: закладні роботи, міцність твердіючого закладення, системи розробки із закладенням, склад твердіючого закладення, схема приготування закладення.

Abstract. This article presents analytical findings on stowing operations used by modern mines in the world and Ukraine in particular. Importance of waste-fill mining is shown. Composition of consolidating stowing mixture is analyzed, and it is stressed that, as a cementing component, priority is given today to cements, tails and sands but in case of big spaces to be backfilled it is reasonable to use cementing slag. The authors show that choice of consolidating stowing mixture strength depends on the depth of mining operations. Trend of increasing consumption of cementing component in the stowing compositions shows a necessity in further scientific search of new economical ways of improving strength of the filled space. Commercial potential of resumed stowing operations in Krivbass mines is considered in order to extract deep-seated natural rich ores. The authors consider various variants of possible components of the stowing mixture consisting of cement, slag, waste rocks (tailings) in order to simplify a scheme of stowing complex in the Krivbass mines. They also focus attention on importance of further improving of schemes for preparation of consolidating stowing mixtures, usage of up-to-date crushing machines, and further studying of effective dispersion of cementing component. The paper presents findings on obtaining similar stowing strength at different dispersibility and consumption of cementing component resulting in more effective crushing process.

Keywords: Filling works, strength of hardening backfill, system design mining method with hardening backfill, backfill preparing scheme.

*Статья поступила в редакцию 30.09.2013
Рекомендовано к публикации д.т.н., проф. И.А. Ковалевской*