

агымдарын тазалоо боюнча ГДЭ эксперименттик орнотмосу иштелип чыккан жана сыноодон ийгиликтүү өттү, анын базасында 1мкм - 99,9 % чейин өлчөмдөгү бөлүкчөлөрдү кармап алуу деңгээли менен гетерогендик газ агымдарын тазалоонун ыкмасы иштелип чыккан.

#### Адабияттар

1. Экотехника. Под редакцией Л.В. Чекалова. Ярославль, “Русь”, 2004, 424 стр.
2. Ашмарин Г.В. «Электрофильтрация газов и теплообмен в импульсном разряде», Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Изд. КРСУ – Бишкек, 2009
3. Токарев А.В. «Коронный разряд и его применение», Изд. КРСУ, Бишкек-2009
4. Арбузов С.И., Рихванов Л.П., Маслов С.Г., Архипов В.С., Павлов З.И. Аномальные концентрации золота в бурых углях и торфах юго-восточной части Западно-сибирской плиты/Известия ТПУ №7, т.307 /Инжиниринг георесурсов, 2007
5. Гамов М.И., Грановская Н.В., Левченко С.В. «Металлы в углях» Изд. Южный Федеральный Университет, Ростов на дону - 2013
6. В. М. Кузьминых, А. П. Сорокин, А.Н. Лебедев, В. Л. Подберезный, П.Р. Курбатов. Установка для извлечения золота из дымовых газов /Патент No 93803 РФ;
7. В.В. Шприт, Рубан А.Д. Способ извлечения золота из золотосодержащего природного сырья /Патент № 2471008 РФ;
8. Богданов А.С., Лелевкин В.М., Токарев А.В. Осаждение субмикронных частиц в коаксиальном электрофилтре/ Вестник КГНУ им. Ж.Баласагына / «Университет», Бишкек 2015, стр.21-24
9. Богданов А.С., Лелевкин В.М., Юданов В.А. Физические процессы при кислородном сжигании угля Кара-Кече/ Известия КРСУ 2016
10. Куимова Н.Г., Павлова Л.М., Сорокин А.П., Носкова Л.П., Экспериментальное моделирование процессов концентрирования золота в торфах/Литосфера №4, Екатеринбург 2013

УДК 622:273.2

#### УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ С ЗАКЛАДКОЙ

*Дуйшонбеков Эрлан Дуйшонбекович, Институт горного дела и горных технологий им. акад. У. Асаналиева, Кыргызстан 720044, г. Бишкек, пр. Чуй 215,  
E-mail: [Erlan\\_5357@mail.ru](mailto:Erlan_5357@mail.ru).*

*Койчуманов Замир Сагымбекович, ЗАО “Кумтор Голд Компани”, Кыргызстан, г.Бишкек, ул.Ибраимова 24, e-mail: [zamir\\_koichumanov@kumtor.com](mailto:zamir_koichumanov@kumtor.com)*

Цель статьи – оценить материалы для закладочных смесей не должны содержать вредных веществ для окружающей среды в количествах, превышающих санитарно-гигиенические нормы, и не должны содержать в допустимых пределах полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** выработки, полезное ископаемое, технология, руда, порода.

#### APPLICATION SYSTEM DEVELOPMENT WITH BOOKMARKS

*Duyshonbekov Erlan Duyshonbekovich, Institute of Mining and Mining Technologies them. Acad. W. Asanaliyeva, Kyrgyzstan 720044 Bishkek, Chui Avenue 215, E-mail: [Erlan\\_5357@mail.ru](mailto:Erlan_5357@mail.ru).*

*Koichumanov Zamir Sagymbekovich, JSC "Kumtor Gold Company" Kyrgyzstan, Bishkek, ul.Ibraimova 24, e-mail: [zamir\\_koichumanov@kumtor.com](mailto:zamir_koichumanov@kumtor.com)*

The purpose of the article - to evaluate materials for stowing mixtures must not contain harmful substances to the environment in quantities exceeding hygienic standards, and should not so-derzhat within an acceptable range of minerals.

**Keywords:** produce, minerals, technology, ore, rock.

Разработка месторождений полезных ископаемых в настоящее время характеризуется рядом особенностей. Увеличивается глубина горных работ, что оказывает значительное влияние на выбор систем разработки. Так, в Канаде на золотых и медно-никелевых рудниках глубина подсечения рудных тел главными вскрывающими выработками достигла 2400м. В США добычу цветных металлов и золота осуществляют на глубине 2350м. На ряде рудников Южной Африки, Бразилии и Индии глубина разработок превышает 3000м. Высокое напряженное состояние породных массивов, сложенных крепкими и хрупкими породами, создает угрозу горных ударов. На глубоких горизонтах шахт ЮАР 70% всех несчастных случаев происходят по причинам горных ударов и породных обрушений. Увеличение глубины разработки требует применения наиболее надежных способов и средств поддержания вмещающих пород, к которым в первую очередь относится закладка выработанного пространства.

Для поддержания подрабатываемого массива горных пород выработанное пространство вслед за выемкой руды (или через некоторое время) заполняется закладочным материалом. В качестве закладочного материала используются дробленые горные породы, хвосты обогатительных фабрик, шлаки металлургических заводов или зола тепловых электростанций, твердеющие или бетонные смеси, песок, глина и др. Отдельные компоненты закладочных смесей могут быть несвязными между собой или скрепленными вяжущими материалами (твердеющая закладка).

Для создания плотности создаваемого искусственного материала специально подбираются крупность кусков и фракционный состав смесей.

Все методы закладки выработанного пространства делятся в зависимости от способа транспортирования закладочного материала до места его укладки (самотечная, механическая, пневматическая, гидравлическая).

Самотечная закладка применяется при разработке крутопадающих месторождений, когда закладочный материал может размещаться в выработанном пространстве под действием собственной силы тяжести. Для достижения высокой плотности закладочного массива рекомендуется принимать максимальный размер куска не более 250-300мм, при этом содержание мелких частиц должна быть до 10-15%, а фракция от 0 до 20мм – до 30%. Содержание глинистых пород не должно превышать 20%. Для снижения пылеобразования и увеличения плотности укладки закладочную смесь увлажняют. При мелкокусковом материале усадка достигает 15-25%, при крупнокусковом – до 30-40%. Поэтому требуется периодическая дозакладка камер.

При механическом способе закладки применяются специальные метательные закладочные машины, скреперные установки, конвейеры, самоходные машины. В качестве закладочных материалов используются различные сыпучие материалы с размером кусков до 80-100мм (при метательных машинах) и до 250-300мм (при других способах доставки). Усадка закладочного массива в первом случае составляет 20-30%, а в других – до 30-40%.

Для пневматической закладки требуются более мелкие дробленые материалы с размером частиц до 30-40мм и содержанием глины не более 10-15%. Доставка и размещение закладочного материала в выработанном пространстве производится за счет энергии струи сжатого воздуха. Значительная скорость движения частиц материала (до 30-40м/с) обеспечивает более высокую плотность укладки (усадка составляет 10-15%), особенно при увлажнении материала.

На практике наиболее часто применяется гидравлическая закладка выработанного пространства песками, гранулированными шлаками, хвостами обогатительных фабрик с

содержанием 10-15% илистых фракций (для меньшего износа труб при транспортировании материала). После обезвоживания размещенного в отработанных камерах материала образуется довольно плотный искусственный массив с небольшой (до 5-10%) усадкой, плотно подпирающей обнаженные стенки камер. Дозакладка пустот после усадки материала может обеспечить надежное подбучивание кровли камер. Добавление вяжущих материалов повышает прочность создаваемого массива.

Наиболее плотно подпираются бока и кровля выработанного пространства в случае применения твердеющей (бетонной) закладки. Монолитные искусственные опоры, обладая высокой прочностью, могут значительно снизить опасность динамических проявлений горного давления, повысить безопасность работ, предотвратить вредное влияние горных работ на окружающую среду.

Опыт отечественных и зарубежных предприятий свидетельствуют о том, что наиболее полное решение задач рационального использования недр и земельных площадей, внедрение в производство безотходных и ресурсосберегающих технологий возможно в результате применения систем разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями или сыпучим материалом. В настоящее время системами с закладкой добывают более 30% руд различных материалов.

Эта технология применяется при разработке золоторудных залежей в зонах многолетней мерзлоты и других сложных условиях [5]. Применение твердеющей закладки с заранее установленными компрессионными свойствами позволило включить в эксплуатацию значительные запасы ценных руд охраняемых целиков.

Для современных рудников характерны высокая интенсивность разработки месторождений, быстрое перемещение горных работ на глубину и более сложные условия. Системы разработки с открытым выработанным пространством должны быть вытеснены системами с закладкой или с обрушением из-за больших размеров естественных целиков, при интенсивно возрастающем горном давлении.

В результате применения твердеющей закладки в 3-4 раза снижаются потери и разубоживание руды при добыче, за счет чего обеспечивается высокий экономический эффект и окупаются затраты на закладочные работы.

Использование закладки позволит усовершенствовать традиционные способы вскрытия, схемы подготовки этажей (панелей), создать и освоить восходящий порядок разработки месторождений. Это обстоятельство дает возможность стволам шахт размещать в непосредственной близости от рудоносной толщи, сокращая до предела длину квершлагов и проходя их сразу на всю разведанную глубину месторождения, а отработку начинать с самого глубокого горизонта и вести поэтапно вверх, т.е. работать над выработанным пространством, предварительно заложенным твердеющей закладкой.

Технология с закладкой открывает широкие возможности для захоронения в шахтах многих отходов производства в составе твердеющей или сыпучей закладки, что в сочетании с сохранением подрабатываемой территории обеспечивает большую экономию земельных ресурсов, вносит значительный вклад в охрану природной среды. Это имеет важное значение, особенно в горных районах, так как размер пахотных земель в расчете на одного человека, несмотря на предпринимаемые меры, постоянно снижается. Изложенное свидетельствует о больших потенциальных возможностях технологии разработки месторождений с закладкой выработанного пространства.

Прочность твердеющей закладки называют нормативной, если возможно безопасное обнажение искусственного массива горной выработкой требуемых размеров в принятые проектом сроки. Нормативная прочность всегда увязывается с возрастанием твердения. Динамика набора прочности должна обеспечивать достижение 85-95% нормативной к моменту обнажения. При камерных системах разработки сроки набора 3-12 месяцев, при слоевых – от нескольких дней до 2-3 недель.

На массив закладки в зависимости от условий применения воздействуют статические (гравитационные и тектонические) силы и динамические (от взрывных работ) нагрузки,

накладываемые на имеющиеся статическое поле напряжений. Элементы систем разработки из закладки и искусственные массивы могут испытывать деформации сжатия, растяжения, сдвига, изгиба и работать в условиях одноосного, двухосного и объемного напряженных состояний. Для удобства определения и контроля нормативной прочности независимо от характера деформаций искусственного массива ее приводят к пределу прочности на одноосное сжатие. Требуемую прочность закладки рассчитывают по одному, а чаще несколькими факторами: устойчивости вертикального обнажения, горизонтальной подработке, допустимым деформациям закладки, возможности движения по ней оборудования. В качестве нормативной прочности принимают наибольшую из рассчитанных.

Расчет нормативной прочности закладки базируется на знании напряженно-деформированного состояния природного и искусственного массивов в зоне очистных работ, характера их взаимодействия и сводится к решению трех задач: нахождению нагрузок на массив закладки, определению напряжений в закладочном массиве как составном элементе системы “массив-закладка”, установлению необходимой прочности материала несущих элементов, исходя из требуемой степени надежности, характера напряженного состояния, влияния технологических факторов.

Для закладки выработанного пространства на подземных рудниках используются хвосты обогатительных фабрик, дробленые породы, природные пески, гравий.

Исследования показали [2,4], что для 85 рудников Канады, Австралии, США, Ирландии, Финляндии, Швеции, Японии и других стран с суммарной годовой добычей около 64 млн. т. порядка 67% закладочных материалов представлены хвостами обогащения; 25% - породами, 7% - песками и шламами. В Польше для закладки выработанного пространства применяются главным образом природные пески, запасы которых оцениваются в 3-4 млрд. м<sup>3</sup>.

Размещение закладочных материалов осуществляется в большинстве случаев гидравлическим способом (около 74%) или путем перепуска породы по восстающим

Сухая породная закладка применяется, в основном, для быстрого заполнения больших выработанных пространств, где потребность в закладочном материале достигает больших объемов. Повышение несущей способности сухого породного закладочного массива достигается путем заполнения пустот между кусками породы гидравлически размещаемыми хвостами обогащения, иногда смешиваемыми с цементом (рудники “Маунт-Айза”, “Геко”, “Кидд Крик”, “Керетти”, “Камото”, “Наван” и некоторые другие).

Более широкое применение хвостов обогащения объясняется тем, что они могут быть приготовлены, доставлены и размещены в выработанном пространстве с наименьшими затратами по сравнению с другими материалами. Гидравлическая и сухая породная закладка требуют сооружения специальных перемычек и ограждений, являются недостаточно эффективным способом управления горным давлением на больших глубинах и не обеспечивает полного извлечения руды при отработке целиков. Эти недостатки в значительной мере устраняются при применении затвердевающей закладки. Упрочнение гидравлической закладочной смеси путем добавления вяжущих материалов, т.е. получение затвердевающей закладки, впервые осуществлено в 30-х годах XX столетия на канадских и финских рудниках. На руднике “Хорн” (Канада) посредством смешивания гранулированного металлургического шлака с хвостами обогащения, содержащими пирротин, через 3-6 месяцев затвердевания получили самозатвердевающий закладочный материал с сопротивлением сжатию, характерным для слабого бетона. Высота и ширина устойчивых обнажений такого закладочного массива достигала 61м. Проведение выработок в нем осуществляли без крепления.

На руднике “Квемонт” (Канада), по соседству с рудником “Хорн”, использование самозатвердевающей закладки позволило полностью извлечь рудное тело длиной 301м и шириной от 15 до 105м, расположенное под озером. Однако материал, необходимый для производства такого типа закладки, на большинстве рудников отсутствует.

В качестве заполнителя затвердевающей гидрозакладки используют главным образом тонкозернистые пески, полученные из хвостов обогащения путем удаления шламов, а также природные пески и редко их смеси. Отношение цемента к песку по массе изменяется от 1:5 до 1:15 при создании бетонных настилов или слоевых перекрытий в вариантах со сплошной выемкой и закладкой до 1:30–1:40 при заполнении камер. В первом случае предел прочности закладочного материала при одноосном сжатии изменяется в среднем от 1 до 5 МПа, во втором – от 0,2 до 1,5 МПа.

На отдельных рудниках, таких как “Кидд Крик” (Канада), “ОжелБялы” (Польша), “Керетти” (Финляндия), “Маунт-Айза” (Австралия) и некоторых других, в качестве заполнителя используются дробленые породы или гравий. Расход цемента составляет в среднем 2-5% по массе. Предел прочности при одноосном сжатии такого материала через 28 суток затвердевания обычно не превышает 1,5-1,7 МПа, но иногда достигает 5 МПа.

Исследованиями, проведенными на руднике “Маунт-Айза”, показали, что полученные зависимости предела прочности затвердевающей смеси при одноосном сжатии от расхода цемента, добавок шлака медеплавильной печи и продолжительности затвердевания показывают возможность уменьшения затрат на цементную закладку без уменьшения ее прочности. Так, например, смесь, состоящая из 4% цемента и 6% шлака, имеет такую же прочность, как и смесь, содержащая 8% цемента.

При смеси цемента и шлаков, получаемое при плавке свинца установлено также, что при добавке 20-25% шлака прочность закладки увеличивается. На руднике “Маунт-Айза” были также проведены опыты с хвостами обогащения. Образцы были приготовлены в смеси портландцемента при расходе обожженных хвостов 4,8,12, и 16%. Испытания проводили через 7 и 25 суток. Результаты опытов показали, что при продолжительности затвердевания 7 суток, только 3 из 12 образцов имели необходимую прочность. Испытания зон, полученных после сжигания жидких и твердых горючих материалов, также показали, что при сроке твердения 28 суток смесь набирает прочность на сжатие около 0,5-0,6 МПа.

Требуемый гранулометрический состав хвостов обогащения, наиболее часто используемые для закладки выработанного пространства, осуществляется путем их обесшламливания, т.е. удаления частиц размерами менее 0,043 мм. Это необходимо как для увеличения фильтрации воды через закладочный материал, так и с целью повышения прочности затвердевающих смесей. Установлено, что в большинстве случаев для обеспечения требуемой скорости фильтрации выход частиц размером менее 0,02 мм не должен превышать 3,5%. Для повышения выхода закладочного материала из хвостов стремятся сохранить размер частиц от 0,020 до 0,043 мм.

В горной промышленности Канады используют классификацию хвостов обогащения. Первоначально ее осуществляли для определения необходимой скорости фильтрации воды. Впоследствии при введении добавок цемента это стало необходимым для повышения прочности твердеющих смесей.

Для изучения влияния классификации хвостов обогащения на прочность, модуль деформации, насыпную плотность закладочного материала и скорости фильтрации воды через него были выполнены специальные исследования с использованием около 15 т хвостов. Результаты испытания образцов закладки, приготовленных при концентрации твердого в смеси 68% показали, что хвосты обогащения имеют наименьшую прочность. Удаление мелких фракций способствует увеличению прочности закладки в 1,5-1,87 раза при продолжительности затвердевания 28 суток. Двойная классификация, при которой удаляется как мелкие, так и крупные фракции, дает прирост прочности меньший, чем при простой классификации, и поэтому не находит практического применения.

При прочности закладки на сжатие 1-1,4 МПа требуется добавлять 5,5% портландцемента по массе. Затраты на него с учетом стоимости перевозки составляет 4,1 доллара на 1 м<sup>3</sup> закладочной смеси, или 1,4 доллара на 1 т добытой руды. Общие же расходы на цемент составляет около 8 млн. долларов в год. Уменьшение расхода дорогостоящего портландцемента возможно при применении более дешевых вяжущих добавок. Поэтому были исследованы вяжущие свойства металлургических шлаков, летучей золы электростанций, обожженных хвостов обогащения.

Таким образом, проведенные результаты исследований показали, что некоторые отходы производства рудников могут быть использованы в качестве вяжущих добавок для приготовления затвердевающей закладки, что связано со значительной экономией цемента. Значение их заключается в том, что рассмотренные отходы производства имеются на многих горно-металлургических предприятиях. В связи с этим большое внимание уделяется исследованиям, направленным на уменьшение или устранение потребности цемента и поисков более дешевых его заменителей, таких, как металлургические шлаки, хвосты обогащения и другие.

Перспективное направление обеспечения рудников материалами – использование отходов собственного производства, что позволит организовать малоотходное горно-металлургическое производство и является решением проблемы охраны окружающей среды и сохранения плодородия земель

### **Выводы:**

1. При разработке рудных месторождений в горных районах управление горным давлением осуществляется исходя из закономерностей распределения полей напряжений в массиве пород, геологических особенностей и изменчивости физико-механических свойств руд и вмещающих пород.

2. Разработка месторождений полезных ископаемых в настоящее время характеризуется рядом особенностей. Увеличивается глубина горных работ, что оказывает значительное влияние на выбор систем разработки.

Увеличение глубины разработки требует применения наиболее надежных способов и средств поддержания вмещающих пород, к которым в первую очередь относится закладка выработанного пространства.

3. К закладочным материалам предъявляются особые требования. К наиболее важным из них относятся:

Экономическая целесообразность, обусловленная горно-геологическими и горнотехническими условиями разработки месторождения;

Твердеющая закладка должна соответствовать нормативной прочности, т.е. прочность на одноосное сжатие в возрасте, определяемым сроками отработки рудных массивов;

Обеспечивать способность транспортировки без расслоения, сохранить однородность структуры во время укладки в выработанное пространство;

Иметь минимальную усадку при твердении. Исходя из этого, материалы для закладочных смесей не должны содержать вредных веществ для окружающей среды в количествах, превышающих санитарно-гигиенические нормы, и не должны содержать в допустимых пределах полезных ископаемых. Кроме того закладочная смесь должна быть водостойкой и иметь срок до начала схватывания не менее 30 минут, обеспечивать дренаж избыточной воды из закладочного массива при его возведении. Поэтому обязательно определяют такие показатели свойств.

### **Список литературы**

1. Агошков М.И., Борисов С.С., Боярский В.А.. Разработка рудных и нерудных месторождений. М., Недра, 1983.

2. Баранов А.О. Расчет технологических параметров процессов подземной добычи руд. М.: Недра, 1985.

3. Бурчаков А.С. Процессы подземных горных работ. Издание третье. Москва «Недра», 1982г., 420 ст.

4. Жетигенов Б.Ж., Г.В. Лоцев. Методическое руководство к практическим занятиям по дисциплине «Процессы горных работ», Бишкек, РИСО КРСУ, 2004, 25 стр.

5. Именитов В.Р. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений. М.: Недра, 1984.