

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Боровикова Евгения Васильевича
«Разработка технологии формирования комбинированного искусственного
массива при освоении крутопадающих рудных тел средней мощности»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины

1 Актуальность темы

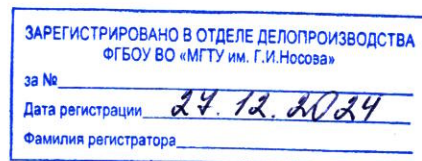
В настоящее время значительная часть месторождений руд цветных металлов, в том числе медноколчеданных, обрабатывается камерными системами разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства. Несомненными достоинствами таких технологий являются высокие показатели полноты и качества извлечения руд при обеспечении сохранения целостности земной поверхности. Основным недостатком вышеуказанных систем разработки является высокая себестоимость и ресурсоемкость добычи. Вместе с тем, истощение запасов богатых руд, усложнение горно-геологических условий разработки, постоянное снижение содержаний полезных компонентов с глубиной и повышение стоимости компонентов твердеющей смеси приводят к неуклонному ухудшению экономических показателей функционирования горнодобывающих предприятий.

Применение систем разработки с обрушением, ввиду относительно высокой извлекаемой ценности медноколчеданных руд, не позволяет осуществить добычу с приемлемыми показателями извлечения, невозможно в зоне влияния охраняемых объектов поверхности, в частности при использовании карьерного пространства для транспортирования руды из подземного рудника.

Таким образом, цель рассматриваемой диссертационной работы, заключающаяся в разработке и обосновании параметров технологии формирования закладочного массива, обеспечивающего снижение объема используемой твердеющей смеси для повышения экономической эффективности отработки месторождения – является весьма актуальной для развития горнодобывающей отрасли нашей страны, а ее решение способствует комплексному освоению недр.

2 Структура и содержание работы

Диссертационная работа изложена на 114 страницах машинописного текста, включающая 60 рисунков, 2 таблицы, список литературы из 123 наименований, состоящая из введения, четырех глав, заключения.



В соответствии с поставленной целью в диссертации разработана технология формирования комбинированного искусственного массива и обоснованы ее параметры, обеспечивающие снижение объема твердеющей закладочной смеси для повышения экономической эффективности отработки месторождения и безопасности ведения горных работ.

В первой главе подробно изложен опыт применения систем подземной разработки с использованием различных видов закладочного материала для формирования искусственных массивов, в том числе комбинированных. Рассмотрены существующие технологии формирования комбинированных закладочных массивов, приведены достоинства и недостатки, а также возможности их совершенствования, сформулированы цель, идея и методы исследования. Определено, что для снижения расхода твердеющей смеси и снижения себестоимости добычи перспективным решением является формирование комбинированных искусственных массивов с использованием сухой породной закладки и ее укреплении путем инъецирования твердеющим составом.

Во второй главе представлены исследования процесса инъецирования сухой породной закладки методом физического моделирования. Определены основные характеристики закладочного материала и свойства инъекционного раствора для обеспечения требуемых прочностных свойств в зависимости от конструктивных параметров системы разработки. Отмечается, что технология инъекционного упрочнения сухой породной закладки обеспечивает создание необходимой толщины слоя искусственного массива при заданной прочности для сохранения его устойчивого состояния с целью безопасного извлечения запасов смежной камеры.

В третьей главе разработана новая конструкция варианта камерной системы разработки с упрочнением сухой породной закладки путем инъекционного упрочнения твердеющим составом и взрывным уплотнением. Установлено влияние угла наклона камеры на величину бокового давления, а также высоты камеры и глубины ведения горных работ на толщину упрочненного слоя закладочного массива. Определено, что сухая породная закладка со средним размером куска до 300 мм уплотняется взрывом до 25-35 % на глубину до 20 м.

В четвертой главе проведена технико-экономическая оценка предлагаемых технологических решений и результаты опытно-промышленных испытаний технологии в условиях подземного рудника Сафьяновского месторождения. Установлено, что при производственной мощности 500 тыс.

тонн руды в год предлагаемый вариант позволяет сократить эксплуатационные расходы, по сравнению с традиционной этажно-камерной системой разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства на 169,5 млн. рублей или на 12 %.

3 Оценка степени обоснованности и новизны научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

На основании проведенных автором исследований сформулированы четыре научных положения.

Первое научное положение. Эффективность освоения крутопадающих рудных залежей средней мощности, залегающих в сильнотрещиноватых неустойчивых породах, камерными системами разработки обеспечивается за счет технологии инъекционного упрочнения при одновременном укреплении пород висячего и лежащего боков.

Доказательство первого положения основано на анализе работы горнорудных предприятий и заключается в том, что повышение эффективности и снижение себестоимости очистной выемки при камерных системах разработки осуществляется за счет формирования комбинированного искусственного массива, обеспечивающего снижение расхода дорогостоящих вяжущих компонентов в составе закладочного материала со снижением себестоимости очистной выемки на 12 %.

Обоснованием служат результаты исследования, показывающие, что технология инъекционного упрочнения сухой породной закладки обеспечивает создание необходимой толщины искусственного слоя с прочностью, обеспечивающей сохранение его устойчивого состояния для безопасного извлечения запасов смежной камеры.

Второе научное положение. Уменьшение угла наклона стенки камеры в сторону выработанного пространства и уплотнение твердеющего закладочного массива взрыванием зарядов в зажиме обеспечивает дополнительный коэффициент запаса устойчивости, равный 1,3 при расположении первого ряда скважин на расстоянии 1,1 м от искусственного массива.

Доказательство второго положения основано на исследовании прочности инъектируемого слоя, которое показало, что максимальный радиус проникновения раствора составил 5 м, при этом при удалении от инъектора прочность слоя снижалась. Кроме того, взрывание зарядов на зажимающую среду породной закладки обеспечило ее уплотнение, что повышает устойчивость искусственного массива до 30 %. Для недопущения повреждений и растрескивания твердеющего массива первый ряд скважин рекомендуется

располагать на расстоянии не менее 1,1 м от упрочняемого слоя.

Научной новизной является методика обоснования технологии, отличающаяся учетом зависимостей влияния свойств сухой закладки, параметров инъецирования и взрывного уплотнения на характеристики инъекционного упрочнения и конструктивные параметры системы разработки.

Третье научное положение. Устойчивость всячего бока камеры обеспечивается при отношении площади укрепленного массива и сухой породной закладки, равным $1/3$.

Доказательством третьего защищаемого положения является геомеханическое обоснование размеров обнажений при различных параметрах конструктивных элементов систем разработки.

При этом новым научным знанием является установленная зависимость показателей устойчивости всячего бока камеры от соотношения площади укрепленного массива и сухой породной закладки. Определено, что оптимальное соотношение указанных площадей составляет 1 к 3, а мощность укрепляемого слоя зависит от изменения прочности инъецируемого твердеющего состава в интервале от 5 до 1 МПа и составляет от 3 до 5 м, соответственно.

Четвертое научное положение. Расположение закладочных скважин в рудном массиве соседней обрабатываемой камеры обеспечивает увеличение линии наименьшего сопротивления в 1,5 раза и сокращение количества взрывных скважин в 1,8 раза.

Доказательство четвертого научного положения заключается в обосновании возможности использования закладочных скважин, пробуренных в рудном массиве, для изменения структурных свойств разрушаемого массива. Данные скважины используются в качестве дополнительной компенсации, что обеспечивает разрежение сетки скважин за счет увеличения эффективных параметров линии наименьшего сопротивления в 1,5 раза и увеличения расстояния между скважинами в веере до 2 раз. Тем самым общий расход бурения возможно сократить в 1,8 раза с сохранением качества отбойки при обеспечении необходимого уплотняющего воздействия на комбинированный закладочный массив.

4 Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность основных выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации достигается использованием комплексного метода исследований, включающего анализ и обобщение практики закладочных работ при отработке рудных залежей камерными системами разработки с закладкой, математическое

моделирование напряженно-деформированного состояния элементов конструкции закладочного массива методом конечных элементов, физическое моделирование процесса закладочных работ, аналитические и статистические расчеты, технико-экономический анализ результатов.

Достоверность результатов обеспечивается представительным объемом исходных данных и использованием современных программных средств, подтверждается согласованностью между собой результатов аналитических, лабораторных и опытно-промышленных исследований.

5 Значимость для науки и практики результатов выполненной работы

Научная значимость работы заключается в том, что на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований дано решение актуальной научно-практической задачи повышения экономической эффективности очистных работ за счет снижения расхода дорогостоящих твердеющих смесей при применении камерных систем разработки с искусственным поддержанием выработанного пространства путем инъекционного упрочнения сухой породной закладки. Решение данной задачи позволило получить комплекс теоретических знаний о процессах и параметрах технологии подземной разработки крутопадающих рудных месторождений средней мощности, реализация которых на практике позволяет существенно повысить эффективность и обеспечить безопасность их освоения, следовательно, имеет важное народно-хозяйственное значение для горнодобывающей промышленности нашей страны в современных сложных условиях функционирования горнотехнических систем.

Результаты выполненной работы рекомендуются к использованию при разработке проектов освоения месторождений со схожими горно-геологическими условиями.

6 Оценка содержания диссертации, ее завершенность, подтверждение публикациями автора

Диссертационная работа может быть квалифицирована как самостоятельное и законченное научное исследование, выполненное на актуальную тему и обладающее научной новизной и практической значимостью.

Работа написана технически грамотным языком, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Выводы, утверждения и заключения аргументированы достаточно убедительно, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Диссертация соответствуют пунктам паспорта научной специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины, а именно:

п.5 Способы вскрытия шахтных (карьерных) полей, их подготовки, системы разработки, комплексная механизация, технологические процессы добычи твердых полезных ископаемых;

п.7 Способы управления состоянием подрабатываемых породных массивов, исключая критические деформации земной поверхности и опасные проявления горного давления при разработке месторождений твердых полезных ископаемых и освоении подземного пространства, в том числе с использованием крепей различных конструкций.

По результатам исследований автором опубликовано 5 работ, в том числе 4 статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК России, получено 2 патента РФ на изобретения. Содержание опубликованных работ и автореферат достаточно полно отражают основные положения и выводы диссертационного исследования. Результаты прошли достаточно широкую апробацию, докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях.

7 Замечания по диссертации

1. Вторая глава диссертации посвящена процессу физического моделирования инъекционного упрочнения массива сухой закладки, однако не представлены конструкция экспериментального стенда и фотоматериалы процесса самого моделирования, что вызывает определенные сомнения в полученных результатах. Объем диссертационной работы вполне позволял добавить данный материал.

2. Конструкцию предлагаемой системы разработки на основе инъекционного упрочнения сухой закладки, следовало представить в нескольких проекциях и разрезах, а также показать отработку участка в динамике. По представленному рисунку (рис. 3.9 диссертации и рис. 4 автореферата) не до конца ясна схема подготовки и геометрические параметры отрабатываемых камер.

3. Как согласуется восходящий порядок отработки запасов при предлагаемой технологии очистной выемки со способом, схемой и сроками вскрытия месторождения? Или же восходящий порядок отработки в данном случае только в пределах этажа, а не всего подземного рудника?

4. В работе отсутствуют развернутые исследования параметров буровзрывных работ при уплотнении инъецированной сухой закладки. Потому не до конца ясно, как влияют диаметр скважинных зарядов, удельный расход взрывчатых веществ, сетка скважин?

5. Каким образом учитывается при расчете показателей извлечения руды состояние стенок вторичных камер из инъецированной сухой закладки? Принимаются ли они как массив твердеющей закладки или как монолитная породная стенка?

6. В идее работы говорится о целенаправленном техногенном преобразовании свойств рудного, породного и техногенного массивов. Необходимо пояснить, в чем заключается преобразование рудного массива и что понимается в контексте идеи под породным массивом – вмещающие породы или сухая породная закладка?

7. Указанные в научных положениях 2, 3 и 4 числовые значения не отражены в явном виде в тексте диссертации (но есть в автореферате), то есть не достаточно качественно представлены результаты анализа установленных автором зависимостей, лежащих в основе защищаемых положений.

8. На наш взгляд первый пункт научной новизны «принцип создания комбинированного искусственного массива, основанный на инъекционном упрочнении сухой породной закладки» является скорее практической значимостью исследования. Научной новизной является методика обоснования технологии, отличающаяся учетом зависимостей влияния свойств сухой закладки, параметров инъецирования и взрывного уплотнения на характеристики инъекционного упрочнения и конструктивные параметры системы разработки.

Необходимо отметить, что указанные замечания не снижают научной и практической значимости результатов выполненных исследований и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

8 Соответствие диссертации требованиям Положения о присуждении ученых степеней

Диссертация Боровикова Евгения Васильевича «Разработка технологии формирования комбинированного искусственного массива при освоении крутопадающих рудных тел средней мощности» – является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных научных и экспериментальных исследований представлено решение актуальной научно-практической задачи повышения экономической эффективности очистных работ за счет снижения объема высокочрезвычайно затратных твердеющих смесей при применении камерных систем разработки с искусственным поддержанием выработанного пространства путем инъекционного упрочнения сухой породной закладки, имеющей важное значение для науки и практики горнодобывающей промышленности.

