

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Мажитова Артура Маратовича

«Обоснование параметров подземной геотехнологии при доработке рудных месторождений с целенаправленным преобразованием свойств и состояния массива горных пород»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности

25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)

1. Актуальность темы

Рудные месторождения характеризуются изменчивостью в пространстве горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условий разработки: мощности рудного тела, содержания полезных компонентов, устойчивости и крепости руд и пород, напряжённости горного массива, наличия охраняемых объектов и подрабатываемых запасов, степени их подготовленности. При подземной разработке, как правило, первоначально в отработку вовлекаются участки с наиболее благоприятными условиями, а по мере развития горных работ наблюдается как снижение содержания полезного компонента, так и ухудшение условий эксплуатации. Причём применение проектной системы разработки таких участков требует адаптационных мероприятий, что ведет к увеличению себестоимости добычи. Также, снижение содержания полезного компонента вынуждает горнодобывающие предприятия увеличивать производственную мощность для обеспечения плановых показателей по конечному продукту. Данное обстоятельство сопровождается нарушением нормативов вскрытых и подготовленных запасов, сокращается срок эксплуатации месторождения.

Одним из направлений обеспечения требуемых объёмов добываемой руды, продления срока эксплуатации месторождения, расширения сырьевой базы является вовлечение в отработку ранее забалансовых запасов и некондиционных руд, в том числе на этапе доработки (разумеется, при обеспечении рентабельности). Поэтому поставленная в диссертационной работе проблема обоснования параметров подземной геотехнологии с целенаправленным преобразованием свойств и состояния массива горных пород при доработке рудных месторождений, обеспечивающей создание благоприятных горнотехнических условий для эффективного и безопасного освоения ранее забалансовых запасов и некондиционных руд, является актуальной для развития горнодобывающей отрасли страны, а ее решение способствует комплексному освоению недр.

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
за № _____
Дата регистрации <u>02.09.2022</u>
Фамилия регистратора _____

2. Степень обоснованности выдвинутых положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выполненная диссертационная работа посвящена научному обоснованию условий и параметров геотехнологий целенаправленного преобразования свойств и состояния массива горных пород для повышения полноты освоения рудных месторождений на стадии их доработки в сложных горно-геологических, горнотехнических и геомеханических условиях.

В первом научном положении автор доказывает, что повышение полноты освоения рудных месторождений достигается вовлечением в разработку ранее забалансовых запасов путем своевременного целенаправленного изменения прочностных и деформационных характеристик, структуры рудного и породного массивов и формирования благоприятных горнотехнических условий за счет технологических мер: изменения направления и порядка выемки запасов, создания опережающего компенсационного пространства, отбойки массива горных пород в зажатой среде, формирования искусственных массивов и использования систем разработки с различными способами управления состоянием массива горных пород. Данное утверждение основано на анализе работы горнорудных предприятий и аргументируется тем, что адаптация конструкций и параметров системы разработки к сложившимся на этапе доработки горнотехническим условиям позволяет вовлечь в разработку забалансовые запасы в объеме 20 – 140 % от общего объема запасов месторождения. Автор приводит доводы, что для обеспечения плановых показателей по объему концентрата в условиях снижения качества руды и содержания полезного компонента необходимо увеличение производственной мощности подземного рудника за счет определения последовательности отработки и количества запасов, вводимых в эксплуатацию, с учетом их ценности, технологии очистной выемки и степени подготовленности. Научной новизной являются: 1) принцип создания благоприятных горнотехнических условий для отработки ранее забалансовых запасов путем целенаправленного преобразования свойств и состояния массива горных пород за счет применения совокупности научно-обоснованных технологических решений: региональных и локальных методов разгрузки массива горных пород, обеспечивающих регулируемое перераспределение зон концентрации напряжений. 2) систематизация способов преобразования свойств и состояния горного массива, разработанная на основе избирательного использования эффективных воздействий на массив пород, реализация которых обеспечивает получение требуемых геомеханических, структурных и инженерно-технологических характеристик участка недр. (Положение соответствует п.1 «Изучение горно-геологических

и горнотехнических условий и характеристик месторождений твердых полезных ископаемых» и п.3 «Исследование и оптимизация параметров физико-технических, физико-химических и строительных технологий» паспорта научной специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)).

Во втором положении автор обосновывает, что вовлечение в освоение ранее забалансовых запасов, подрабатываемых в процессе освоения промышленных запасов, обеспечивается заблаговременным повышением степени их подготовленности путем проведения дополнительного комплекса горных работ и формирования требуемой структуры массива за счет определенных порядка опережающей отработки запасов, региональных и локальных методов разгрузки, форм и размеров сечения подземных выработок. Возможность техногенного преобразования массива горных пород определяется характером и степенью воздействия на участки массива, в котором выделены три зоны, в т. ч. переходная зона, в пределах которой обеспечивается управление контролируемыми параметрами. При этом порядок отработки запасов, формы и размеры сечений подземных выработок формируют геомеханическое состояние и степень нарушенности массива, что определяет последующую технологию ведения горных работ. Представленный комплекс горных работ обеспечивает рост максимальных напряжений в переходной зоне, превышающих напряжения в зоне прямого техногенного воздействия более чем на 40 %, и образование зоны потенциального обрушения при развитии горных работ в направлении вектора повышенной компоненты горизонтальных сил, что способствует применению низкочрезмерных систем разработки с обрушением. (Положение соответствует п.3 «Исследование и оптимизация параметров физико-технических, физико-химических и строительных технологий» и п.10 «Разработка и исследование методов и способов подготовки массива горных пород при освоении георесурсов» паспорта научной специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)).

В третьем положении автор доказывает, что при высокой нарушенности вмещающих пород и сложной морфологии рудных залежей, вовлечение их в разработку обеспечивается путем создания изолирующей горной конструкции, позволяющей вести доработку осложненных участков под ее защитой камерными системами разработки, параметры которой рассчитываются исходя из свойств техногенно измененного массива горных пород, обеспечивающих безопасную отработку ранее забалансовых запасов в измененных геомеханических условиях. Обоснованность данного положения подтверждена достаточным объемом выполненных исследований и

выявленными зависимостями для условий разработки медноколчеданных месторождений. Результатом данного положения является установленные конструкция и параметры поэтажно-камерной системы разработки с формированием защитного слоя, позволяющая отрабатывать участки с высокой нарушенностью вмещающих пород и сложной морфологией. Научной новизной этого положения является установленная зависимость мощности изолирующего целика в условиях сильнотрещиноватых массивов от прочности искусственного массива. (Положение соответствует п.4 «Создание и научное обоснование технологии разработки природных и техногенных месторождений твердых полезных ископаемых» и п.9 «Научное обоснование параметров горнотехнических сооружений и разработка методов их расчета» паспорта научной специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)).

В четвертом положении автор аргументирует, что повышение полноты освоения участка месторождения, отрабатываемого камерной системой разработки, обеспечивается переводом в устойчивое состояние закладочного массива из сыпучих пород путем их упрочнения твердеющими смесями с последующим уплотнением закладочного материала взрыванием зарядов в зажимающей среде и приданием стенке камер определенного наклона, для достижения требуемых прочностных характеристик природно-техногенного массива. Исследованиями установлено, что сухая порода со средним размером куска до 300 мм уплотняется взрывом на 25-35 % на глубину до 20 м. Также доказательной базой являются полученные в ходе аналитических и лабораторных исследований зависимости толщины упрочненного слоя от глубины разработки и высоты камеры. В результате установлено, что нагнетание раствора в сыпучие среды представляет собой труднопрогнозируемый процесс, и зависит от ряда факторов, включающих свойства среды и раствора, кинематические и динамические характеристики потока, технологию инъецирования. (Положение соответствует п.4 «Создание и научное обоснование технологии разработки природных и техногенных месторождений твердых полезных ископаемых» и п.9 «Научное обоснование параметров горнотехнических сооружений и разработка методов их расчета» паспорта научной специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)).

В пятом положении доказывается, что освоение запасов природного и техногенного участков недр, характеризующихся чередованием массивов устойчивых и структурно нарушенных зон, невыдержанным содержанием ценных компонентов, достигается избирательным применением систем подземной разработки разных классов с реализацией мероприятий по

управлению напряженно-деформированным состоянием рудного массива путем задания направления развития фронта очистных работ для формирования зон повышенной концентрации опорного давления на участке обрушения и разгрузки массива горных пород в кровле отработываемой камеры. Исследованиями установлено, что управление геомеханическим состоянием массива горных пород обеспечивается заданным порядком отработки и последовательностью применения различных классов систем разработки. В работе доказано, что обеспечение пролета подработки на величину более трех длин камер, при опережении фронта горных работ по направлению максимальной компоненты горизонтальных сил, обеспечивает временную устойчивость кровли отработываемых камер и позволяет, при отработке участка с искусственным поддержанием очистного пространства, формировать закладочный массив с прочностью ниже нормативной, повысить качественные показатели выпуска. На основе проведенных исследований разработан алгоритм выбора рациональных систем разработки, позволяющий обосновать параметры подземной геотехнологии с учетом техногенного преобразования участка недр в ходе эксплуатации месторождения. (Положение соответствует п.4 «Создание и научное обоснование технологии разработки природных и техногенных месторождений твердых полезных ископаемых» и п.10 «Разработка и исследование методов и способов подготовки массива горных пород при освоении георесурсов» паспорта научной специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)).

3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечивается представительным объемом исходных данных, применением современных методов анализа и моделирования, апробацией результатов работы в проектах и испытаниях в натуральных условиях действующих подземных рудников, соответствием полученных теоретических результатов фундаментальным положениям теории подземной геотехнологии и проектирования горнотехнических систем, корректным проведением процедуры экспертных оценок.

4. Новизна исследований и полученных результатов

Исследования и полученные результаты обладает научной новизной.

В диссертации систематизированы способы преобразования свойств и состояния массива горных пород, разработанные на основе избирательного использования эффективных воздействий на массив пород, реализация которых обеспечивает получение требуемых геомеханических, структурных и

инженерно-технологических характеристик участка недр. В результате установлены зависимости мощности изолирующего целика (m) в условиях сильноотрециноватых массивов от прочности искусственного массива (σ) в виде полинома $m = 0,3571\sigma^2 - 3,8829\sigma + 15,52$, а также ширины барьерного целика (a) от его высоты (h), протяженности зоны обрушения (B) и глубины разработки (H) в виде степенной функции $a = 0,07h^{0,33}(BH)^{0,66}$, при переходе от технологии с обрушением руды и вмещающих пород к технологии с закладкой выработанного пространства. Предложен принцип создания благоприятных горнотехнических условий для доработки ранее забалансовых запасов путем целенаправленного преобразования свойств и состояния массива горных пород за счет применения совокупности научно-обоснованных технологических решений: региональных и локальных методов разгрузки массива горных пород, обеспечивающих регулируемое перераспределение зон концентрации напряжений.

5. Значимость для науки и практики результатов выполненной работы

Выполненное автором научное обоснование условий и параметров технологических способов целенаправленного преобразования свойств и состояния массива горных пород для повышения полноты освоения рудных месторождений на стадии их доработки в сложных горно-геологических, горнотехнических и геомеханических условиях вносят значительный вклад в развитие теории подземной геотехнологии в части обоснования эффективных и безопасных систем разработки рудных месторождений.

Практическая значимость полученных соискателем результатов диссертационного исследования состоит в конструировании технологических схем комплексной эксплуатации всех запасов участка недр и обосновании их параметров, обеспечивающих формирование заданных состояний, структур, свойств и состава массива горных пород на каждом этапе эксплуатации месторождения, что способствует интенсификации отработки участка недр на медноколчеданных и золоторудных месторождениях. Разработаны и экономически оценены технологические решения по обеспечению рентабельности эксплуатации рудных месторождений с управляемым техногенным преобразованием массива горных пород.

6. Оценка содержания диссертации, ее завершенности

Рецензируемая диссертация выполнена на основе проведения значительного объема исследований, обобщения их результатов с использованием апробированных методов и разработанных методик.

Достоинством работы является широкий анализ не только трудов отечественных ученых, но и современных зарубежных исследований.

Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, изложенных на 310 страницах машинописного текста, содержит 144 рисунка, 18 таблиц, библиографический список из 248 наименований и 4 приложения.

По материалам диссертации опубликованы 48 научных работ, в том числе 15 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ и 6 – в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus. Зарегистрирован 1 патент на изобретение. Научные положения и основные выводы достаточно полно отражены в опубликованных работах и доложены на научно-практических конференциях.

Диссертация написана технически грамотным языком. Качество оформления текстовой и графической частей работы соответствует установленным требованиям.

Автореферат полностью отражает содержание работы.

Представленная диссертация может быть квалифицирована как самостоятельное законченное научно-квалификационное исследование, соответствующее паспорту специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

7. Замечания по диссертации

1. В разделе 1.3 не представлены в обобщенном виде условия и факторы, определяющие необходимость и возможность предварительного техногенного преобразования массива горных пород.

2. Не ясно как определены весовые доли характеристик в направлениях техногенного преобразования массива горных пород (рис. 2.8)? Следует пояснить, каким образом по классификационным признакам «способ воздействия и характер воздействия» (стр. 69) в систематизации способов техногенного преобразования массива горных пород по изменяемой характеристике (табл. 2.2) выполнено их группирование на классы, группы и варианты.

3. Каким образом, приведенные примеры отработки р.т. № 16 и №17 Камаганского (стр. 84-93) и прибортовых запасов Весенне-Аралчинского (стр. 109-127) месторождений подтверждают необходимость предварительного техногенного преобразования массива горных пород при комбинированной разработке месторождений?

4. Не ясно, какие параметры ГТС рассмотрены в главе 4, которая должна быть посвящена «ИССЛЕДОВАНИЮ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ТЕХНОГЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА

ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕНЕНИЯ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. При этом, в разд. 4.1, наоборот, оценивается влияние «совмещения различных способов поддержания очистного пространства *на техногенное преобразование массива горных пород*», а в разд. 4.2 – «способа и схемы проветривания *на управление техногенным преобразованием участка недр*».

5. Следует пояснить, как при ширине секции 10м, центральном расположении доставочных штреков и минимальной длине ПДМ 8м конструктивно «вписываются» погрузочные заезды (их длина составляет 3 – 3,5 м) для площадно-торцевого выпуска руды из смежной секции (рис. 5.1-5.6)? В диссертации не приведены исходные данные и методику для имитационного моделирования отработки рассмотренного участка, анализ которых позволил бы адекватно оценить полученные результаты. (стр. 185).

6. Не ясно как систематизация систем разработки с учетом предварительного техногенного преобразования массива (табл. 5.2) «обеспечивает их совместное использование и позволяет на разных этапах эксплуатации месторождения изменить порядок применяемых способов поддержания очистного пространства при заблаговременном управлении устойчивостью массива горных пород с учетом последующего принятого состояния очистного пространства в условиях сложной морфологии и значительных размерах шахтного поля для интенсификации отработки участка недр» (стр. 230)? Отсутствует методика ее использования. В чем ее новизна?

7. Разд. 6.1 посвящен разработке технических решений отработки 1-й залежи Камаганского месторождения, а «факторы и условия, обеспечивающие вовлечение в освоение дополнительных объемов ранее забалансовых запасов» в явном виде не приведены. В выводах по главе 6 упоминается Кочкарское месторождение, а исследования по нему не приведены.

8. Заключение

Диссертационная работа Мажитова Артура Маратовича является законченной научно-квалификационной работой, свидетельствующей о личном вкладе автора в науку, в которой разработаны и предложены новые научно-обоснованные геотехнологические решения, внедрение которых направлено на создание благоприятных горно-технических условий для доработки ранее забалансовых запасов путем целенаправленного преобразования свойств и состояния горного массива, позволяющих повысить полноту освоения недр при обеспечении безопасности ведения горных работ, что имеет важное экономическое значение для развития горнодобывающих предприятий страны.

Сформулированные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертации.

Представленная к защите работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к докторским диссертациям. Автор диссертации, Мажитов Артур Маратович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Официальный оппонент

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук, доктор технических наук, специальность – 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)

Соколов Игорь Владимирович

«01» сентября 2022 г.

Личную подпись Соколова Игоря Владимировича
Удостоверяю

Начальник отдела кадров ИГДУРО РАН



С.В. Коптелова

Даю свое согласие на обработку персональных данных, включенных в документы, связанные с работой диссертационного совета

И.В. Соколов

Соколов Игорь Владимирович

директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук, доктор технических наук,
620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58
Телефон: +7 (343) 350-21-86,
E-mail: sokolov@igduran.ru