

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Бурмистрова Константина Владимировича** на тему:
«РАЗРАБОТКА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ
УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПУТЕМ
ПОСТАНОВОГО ВСКРЫТИЯ ЗАПАСОВ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ПРИ ОТКРЫТОЙ И
КОМБИНИРОВАННОЙ ОТРАБОТКЕ КРУГОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

1. Актуальность темы исследования

Усложнение горнотехнических, горно-геологических, экономических и экологических условий разработки рудных месторождений при увеличении глубины горных работ вызывает необходимость обоснования стратегии развития горнотехнической системы путем изменения параметров открытых горных работ или перехода на комбинированный способ разработки. В настоящее время недостаточно изученными являются вопросы обоснования параметров горнотехнической системы в диапазоне глубин 200-700 м, где могут развиваться как открытые горные работы, так и осуществляться переход на комбинированный открыто-подземный способ. Одним из основных направлений снижения негативного воздействия глубины горных работ на эффективность горного производства является изменение существующих или создание новых схем вскрытия карьеров или подземных рудников при комбинированной разработке. В связи с этим диссертационную работу Бурмистрова К.В. направленную на обеспечение устойчивого функционирования горнодобывающих предприятий в периоды перехода на очередные этапы разработки при освоении запасов глубоких горизонтов рудных месторождений открытой и комбинированной геотехнологиями можно считать актуальной и имеющей большое теоретическое и практическое значение для горнодобывающих отраслей промышленности.

2. Общая характеристика работы

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению диссертационных работ. Содержание работы отвечает поставленным задачам исследования и изложено на 340 страницах машинописного текста, включая 158 рисунков и 58 таблиц.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников из 367 наименований и трех приложений. По теме диссертации опубликовано 48 работ, в том числе 16 статей в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для публикаций результатов диссертаций и 13 статей в базах Scopus и Web of Science. Ознакомление с публикациями соискателя позволяет заключить, что все опубликованные статьи полностью соответствуют теме диссертационной работы.

Структура диссертации имеет внутреннее единство, в ходе исследований автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Во введении автор обосновывает актуальность темы диссертации, формирует цель и задачи исследования, описывает научную новизну, доказывает практиче-

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
за № _____
Дата регистрации <u>17.06.2022</u>
Фамилия регистратора _____

скую значимость полученных результатов и обосновывает их достоверность, обозначает выносимые на защиту положения.

В первой главе автором произведен анализ теории и практики решения вопросов вскрытия запасов крутопадающих рудных месторождений и формирования грузопотоков с глубоких горизонтов. Определено, что основные перспективы формирования схем вскрытия и организации процесса транспортирования горной массы с увеличением глубины горных работ связано с расширением области применения циклично-поточной технологии.

На основе анализа литературных источников по тематике проблемы определено, что глубокими горизонтами являются рабочие площадки карьера, расположенные на глубине более 200 м. Произведен анализ проектных решений и научно-исследовательских работ по выбору способа отработки месторождений в зависимости от глубины, который показал, что в диапазоне глубин от 200 до 1000 м может быть применен как открытый, комбинированный, так и подземный способы разработки.

Внедрение в практику освоения запасов глубоких горизонтов современных транспортных комплексов с карьерными подъемниками, в том числе не предусматривающих формирование крутых траншей на бортах карьера, позволяющих снизить затраты на транспортирование горной массы и увеличивать глубину ведения открытых горных работ, делают задачу выбора стратегий развития предприятия еще более сложной и многофакторной. Необходим системный подход к принятию решения по выбору стратегии устойчивого функционирования и развития горно-рудных предприятий.

Как вывод, автор формирует цель работы и ставит задачи исследования.

Замечания по главе:

1. Расширение области применения ЦПТ является основным, но не единственным направлением повышения эффективности разработки глубоких карьеров. Значительные резервы заключаются в совершенствовании технических средств и схеме вскрытия при использовании традиционных циклических видов транспорта, в частности, автомобильного, о чём свидетельствует опыт разработки глубоких кимберлитовых карьеров.

2. Автор утверждает, что глубокими горизонтами являются горизонты, расположенные на глубине более 200 м. Следует отметить, что понятие «глубокий горизонт» и «глубокий карьер» не являются статичными, а изменяются во времени с развитием техники и технологии горных работ.

3. На рис. 1.4 (с. 35) автор приводит зависимости изменения приведенных затрат на транспортирование от глубины карьера. Ошибочно указано, что эти затраты не зависят от глубины при автомобильно-железнодорожном транспорте при использовании тоннелей.

Вторая глава посвящена исследованию структуры и параметров системы вскрытия для условий глубоких горизонтов рудных карьеров.

Для комплексной оценки решений по вскрытию запасов глубоких горизонтов и транспортному обеспечению горных работ автор расширяет существующее по-

нятие системы вскрытия, рассматривая ее как одну из подсистем горнотехнической системы, и объединяет в данном определении вскрывающие выработки, транспортные средства и устройства, внутрикарьерные пункты перегрузки горной массы. Такой подход позволяет системно рассматривать вопросы вскрытия глубоких горизонтов и транспортирования горной массы.

В диссертации предложена структура горнотехнической системы и подсистемы вскрытия. На основе обобщения результатов значительного количества исследований отечественных и зарубежных авторов систематизированы основные параметры оценки горнотехнической систем, учитывающие технические, технологические, экономические, социальные и экологические факторы.

Определены основные возможные стратегии устойчивого функционирования и развития горнотехнической системы: изменение параметров вскрытия в течение проектного периода эксплуатации карьера, переход на новый этап открытых горных работ или на открыто-подземный способ разработки, на использование сформированных техногенных георесурсов, не связанное с добычей руды.

Установлено, что наибольшее влияние на выбор целесообразной стратегии развития горнотехнических систем оказывают параметры системы вскрытия.

Положительно оценивая в целом материал раздела, можно высказать следующие замечания:

1. Претензии автора на расширение существующего понятия «системы вскрытия» нельзя считать достаточно обоснованными. Формулировка автора в целом дублирует формулировку, данную академиком В.В. Ржевским. Новым является лишь то, что автор рассматривает систему вскрытия как одну из подсистем горнотехнической системы. Однако, это не свидетельствует о том, что В.В. Ржевский не владел системным подходом.

2. Выводы автора по разделу 2.1 (влияние схемы вскрытия на параметры горнотехнической системы) во многом очевидны и не требуют детального обоснования. Автор сравнивает объемы карьеров со схемой вскрытия и без схемы вскрытия. Без схемы вскрытия карьеров нет.

3. Один и тот же рисунок в диссертации (рис.2.8) и в автореферате (рис. 2) имеет разные названия и значения исследуемой функции. В одном случае это приращение объемов вскрыши в зависимости от глубины карьера, а в другом – влияние схемы вскрытия.

В третьей главе автором систематизированы принципы устойчивого функционирования и развития горнотехнической системы и разработан критерий оценки эффективности системы вскрытия при разработке крутопадающих рудных месторождений.

В качестве критерия эффективности системы вскрытия предложен ранговый коэффициент, учитывающий качественные и количественные значения параметров, их влияние на итоговое решение и целевое значение. Расчет критерия основан на комбинации многокритериальных методов – нечеткой аналитической иерархии (Fuzzy АHP) и метода MARCOS. Использование данного критерия позволяет более

точно принимать итоговое решение по выбору стратегии развития горнотехнической системы.

Произведено ранжирование групп и параметров системы вскрытия методом экспертных оценок. Обработаны результаты оценок академических и производственных экспертов, посчитан коэффициент вариации, показывающий хорошую сходимость мнений экспертов. Полученные значения весовых коэффициентов могут быть использованы при оценке принимаемых решений на горнодобывающих предприятиях.

Замечание.

Не отрицая достоинств предложенного критерия оценки эффективности системы вскрытия, следует отметить, что он является весьма сложным и трудоемким и вряд ли найдет применение в проектной и производственной практике. Предлагается его модернизировать на основе количественной оценки параметров, влияющих на эффективность системы вскрытия.

В четвертой главе разработаны технологические решения по формированию системы вскрытия с карьерными подъемниками для условий открытой и открыто-подземной разработки рудных месторождений.

Определено, что этапом вскрытия является период функционирования карьера с неизменной схемой вскрытия и транспортным обеспечением горных работ. При циклично-поточной технологии транспортирования горной массы этап вскрытия, как правило, определяется шагом переноса перегрузочного пункта. Определено, что эффективность ЦПТ транспортирования горной массы возрастает с увеличением доли поточного транспорта в общей транспортной цепи.

Установлено, что для условий высокопроизводительных карьеров, отрабатывающих рудные залежи с низким содержанием полезных компонентов, целесообразный шаг переноса перегрузочного пункта составляет 170 – 200 м. Данный диапазон глубин получен на основе моделирования и технико-экономических расчетов, выполненных для условий Михеевского месторождения медно-порфировых руд, которое является крупнейшим по запасам медной руды в Уральском регионе. Разработанные решения также могут быть реализованы на других месторождениях такого класса.

Для условий перехода на открыто-подземный способ разработки рудных месторождений с использованием карьерных вскрывающих выработок для доставки горной массы на поверхность определена целесообразность увеличения глубины размещения перегрузочных пунктов карьерных подъемников вплоть до конечной глубины карьеров.

Замечания по разделу:

1. Вывод о целесообразном шаге переноса перегрузочного пункта при ЦПТ, составляющие 170-200 м, сделан на основании расчетов для условий Михеевского месторождения, является частным и вряд ли может быть рекомендован для других глубоких рудных карьеров. При использовании мобильных комплексов ЦПТ, как показывают исследования, этот шаг может быть значительно меньше.

2. Предложение автора по переходу на высокоуступную технологию является вопросом отдельного исследования, требующего детального технико-экономического обоснования.

В пятой главе разработана методика определения параметров поэтапного вскрытия глубоких горизонтов месторождений и установлена закономерность изменения показателей грузооборота и объемов вскрышных пород при формировании схем вскрытия в зависимости от глубины разработки месторождения.

Разработана конструкция карьерного подъемника, объединяющего подъем горной массы с доставкой оборудования и материалов к внутрикарьерным перегрузочным пунктам. Данная конструкция разработана для различных вариантов подъемников: скипового, крутонаклонного ленточного конвейера, крутонаклонного трубчатого конвейера Chevron-MegaPipe Conveyor. Использование предлагаемой конструкции карьерного подъемника позволяет весь процесс транспортирования горной массы и вспомогательных грузов осуществлять без использования системы автомобильных съездов, что позволит их отработать до ширины предохранительных берм и увеличить глубину карьера с вовлечением в разработку дополнительных запасов руды без разноса борта по поверхности.

Разработана методика принятия решения по выбору стратегии развития горнотехнической системы, предусматривающая оценку параметров системы вскрытия, ранжирование вариантов стратегий и последующий расчет основных экономических критериев для принятия окончательного решения.

Существенных замечаний по разделу нет.

В шестой главе представлены результаты апробации разработанных технологических решений и методик на горнодобывающих предприятиях.

Разработаны решения для предприятий уральского региона (Аккермановское, Крутороженское, Юбилейное месторождения), позволяющие получить экономический эффект в размере 897,1 млн. руб. Наиболее детально проработаны решения для условий железорудного месторождения Малый Куйбас. Произведено ранжирование возможных стратегий развития предприятия и определены рациональные параметры системы вскрытия для варианта перехода на открыто-подземный способ разработки, имеющего наиболее высокий ранг. При этом экономическая эффективность от реализации данного решения составит более 1,7 млрд. руб.

Заключение диссертации содержит основные выводы по работе.

3. Оценка степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности

Автором сформулированы пять научных положений, выносимых на защиту.

Первое научное положение является обобщающим по выполненным в диссертации исследованиям и обосновывается установленной закономерностью изменения технико-экономических показателей горнорудных предприятий при поэтапном вскрытии запасов месторождений и последовательной реализацией предло-

женных стратегий развития горнотехнических систем. Обобщены возможные стратегии, которые включают не только возможные альтернативы развития горных работ при добыче руды на месторождении, но и использование созданных в процессе освоения запасов техногенных георесурсов для целей, не связанных с добычей руды.

Установленная закономерность, показывает, что к моменту окончания текущего проектного этапа разработки, эффективность от реализации стратегий снижается. Кроме того, по мере развития горных работ для наиболее эффективных стратегий наступают «точки невозврата», когда трудоемкость и затраты на ее реализацию уже не позволяют получить положительный экономический эффект от ее применения и приходится переходить на другие, менее эффективные.

Доказана потенциальная возможность увеличения области применения циклично-поточной технологии транспортирования горной массы при разработке крутопадающих рудных месторождений как при открытом, так и открыто-подземном способах, что позволит улучшить экономические показатели горнорудных предприятий и обеспечить устойчивость их функционирования.

Обоснованием второго положения служит то, что расширенное количество учитываемых при оценке параметров позволяют принимать более рациональное решение по выбору варианта вскрытия и стратегии развития горнотехнической системы. В качестве критерия эффективности предложен ранговый коэффициент, расчет которого основан на применении многокритериальных методов и учитывает: вид карьерного транспорта, глубину ведения горных работ, продолжительность этапа вскрытия, объемы вскрываемых выработок, затраты на формирование и эксплуатацию системы вскрытия, социальную и экологическую эффективность рассматриваемых вариантов, а также вес и целевые функции каждого учитываемого параметра. Использование критерия позволяет при близких экономических значениях параметров сравниваемых вариантов учитывать дополнительные факторы, которые могут оказывать определяющее влияние на проектное решение для данного этапа.

Доказательством третьего положения служат зависимости изменения технико-экономических показателей системы вскрытия с циклично-поточной технологией транспортирования горной массы, установленные для условий Михеевского месторождения, которое является одним из крупнейших по запасам руды в Уральском регионе, результаты которых могут быть также применены к карьерам со схожими горнотехническими условиями эксплуатации. Обоснованные технологические решения по формированию рабочей зоны карьеров позволяют определить целесообразную продолжительность этапа вскрытия, соответствующую шагу переноса перегрузочных пунктов карьерных подъемников.

Четвертое положение доказывается установленными зависимостями затрат на создание схемы вскрытия и транспортирование горной массы от глубины расположения перегрузочного пункта и производительности подземного рудника. Установлено, что объемы транспортирования горных пород при открытом и подземном способе разработки на одном и том же месторождении различаются в несколько раз. Для эффективной эксплуатации карьерных подъемников при подземном способе доработки запасов месторождения разработаны решения, направленные на адаптацию системы вскрытия карьера под условия подземного рудника. Использо-

вание карьерных подъемников для целей подземного рудника позволяет вовлечь в разработку запасы, удаленные от предельных контуров карьера в 1,25–1,75 раза дальше, чем при доставке руды автомобильным транспортом.

Пятое положение доказывается установленными зависимостями приращенной глубины карьера от глубины расположения перегрузочного пункта. Зависимости получены для различных углов откосов нерабочих уступов и проектной глубины карьера от 400 до 600 м. Предложенные конструкции карьерных вскрывающих выработок позволяют вовлечь в отработку запасы руды, которые невозможно отработать без изменения конструкции нерабочего борта, что позволит в процессе отработки данных запасов построить и вывести на проектную мощность подземный рудник и обеспечить безразрывность добычи руды в переходный период от открытого на подземный способ разработки.

Общие замечания по научным положениям сводятся к необходимости более лаконичного их изложения и сокращением их количества.

4. Научная новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы состоит в обосновании методологического подхода к выбору варианта поэтапного вскрытия глубоких горизонтов карьера, основанного на использовании комплексного критерия оценки эффективности системы вскрытия, определяемого с использованием комбинации многокритериальных методов анализа; установлении закономерности изменения показателей грузооборота и объемов вскрышных пород при формировании схем вскрытия в зависимости от глубины разработки месторождения; разработке инновационных геотехнологических решений по сохранению устойчивости функционирования горнорудных предприятий за счет поэтапного вскрытия глубоких горизонтов карьера с формированием карьерных подъемников до конечной глубины карьера при открытой и комбинированной геотехнологии.

5. Обоснованность и достоверность полученных выводов и рекомендаций обеспечивается представительностью исходных данных; сопоставимостью полученных данных как с ранее выполненными научными исследованиями, так и с результатами экономико-математического моделирования, аналитических расчетов и экспериментальных исследований и подтверждается соответствием полученных результатов фундаментальным положениям открытой геотехнологии.

6. Практическая значимость работы состоит в том, что ее результаты позволяют: использовать разработанные технологические решения по формированию рабочей зоны карьеров для повышения эффективности циклично-поточной технологии транспортирования горной массы с глубоких горизонтов карьеров; использовать разработанную конструкцию карьерных подъемников, объединяющих функции транспортирования горной массы, доставки оборудования и материалов для обслуживания перегрузочного пункта в карьере для перехода на открыто-подземный и подземный способы разработки; выбрать целесообразную стратегию перехода на новый этап разработки месторождения на основе оценки с использованием разработанного алгоритма.

Таким образом, научная новизна полученных результатов не вызывает сомнений, а их достоверность подтверждается положительными результатами апробации рекомендаций.

7. Личным вкладом автора является постановка цели и задач исследования; проведение теоретического анализа особенностей развития схем вскрытия и формирования транспортных комплексов при разработке крутопадающих месторождений; разработка критерия и алгоритма оценки эффективности системы вскрытия на основе применения многокритериальных методов принятия решений; обработка экспертных оценок и выполнение расчетов для ранжирования параметров системы вскрытия; разработка геотехнологических решений по сохранению устойчивости горнорудных предприятий при переходе на очередные этапы разработки; математическое моделирование вариантов развития системы вскрытия для действующих карьеров.

8. Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Результаты работы можно рекомендовать к использованию при проектировании горных работ и обосновании технологических решений для разработки рудных месторождений как действующих, так и проектируемых предприятий при открытом и открыто-подземном способах разработки, а также в учебном процессе вузовской подготовки студентов горного профиля.

9. Общие замечания по диссертационной работе и автореферату:

1. Основная идея работы заключается в поэтапном вскрытии глубоких карьеров при увеличении доли поточной технологии транспортирования. В то же время основные исследования и результаты получены на карьерах Урала, где указанная технология не получила широкого распространения. Поэтому основные рекомендации следовало бы апробировать на карьерах КМА, Кольского полуострова и Кривого Рога, где имеется большой практический опыт применения ЦПТ.

2. Автором недостаточное внимание уделено мобильным комплексам ЦПТ, внедрение которых является основным направлением совершенствования указанной технологии. Рассмотрение мобильных комплексов позволило бы скорректировать ряд выводов и рекомендаций работы, в частности, по шагу переноса перегрузочных пунктов и параметрам схем вскрытия глубоких горизонтов.

3. Объем диссертации явно завышен. Он может быть сокращен за счет справочных материалов, материалов по анализу исследований других авторов и материалов, не имеющих непосредственного отношения к теме исследования.

10. Заключение и выводы по диссертации.

Представленная Бурмистровым Константином Владимировичем к защите диссертационная работа на тему: «Разработка геотехнологических решений по сохранению устойчивости функционирования горнорудных предприятий путем поэтап-

ного вскрытия запасов глубоких горизонтов при открытой и комбинированной отработке крутопадающих месторождений» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения по сохранению устойчивости функционирования горнорудных предприятий за счет поэтапного вскрытия запасов глубоких горизонтов при открытой и комбинированной отработке крутопадающих месторождений, имеющие важное народнохозяйственное значение для развития горнодобывающей промышленности России. Работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Указанные выше замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

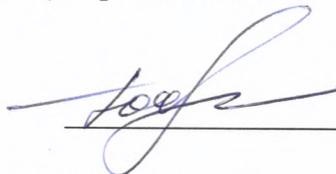
По области проведенных исследований и содержанию рецензируемая работа соответствует научной специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Диссертационная работа Бурмистрова Константина Владимировича отвечает критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Автор диссертации Бурмистров Константин Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Официальный оппонент:

доктор технических наук по специальности
05.15.03 – «Открытая разработка месторождений
полезных ископаемых», профессор по кафедре
разработки месторождений открытым способом,
заведующий кафедрой разработки месторождений
открытым способом Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уральский государственный
горный университет»



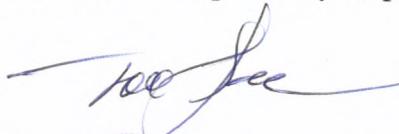
Лель Юрий Иванович

Адрес: 620219, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Тел.: (343) 283-09-63.

Моб.: 8-912-695-97-52. E-mail: Lel49@mail.ru

Я, Лель Юрий Иванович, согласен на обработку персональных данных.



Ю. И. Лель

Личную подпись профессора, доктора технических наук, Леля Юрия Ивановича удостоверяю:

Начальник отдела кадров

Т. Б. Сабанова

14 июня 2022 г.

