

ОТЗЫВ

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

1. Актуальность темы диссертации

Трудоемкость работ по созданию транспортного доступа и затраты на организацию процесса транспортирования горной массы во многом определяют эффективность освоения запасов глубоких горизонтов карьеров. В этих случаях затраты на транспортирование горной массы достигают 60-70% от общих затрат на разработку.

Эффективность освоения запасов месторождений на глубоких горизонтах во многом будет определяться изменением подходов к формированию схем вскрытия. При обосновании вариантов вскрытия как правило учитывается большое количество экономических, технико-технологических, экологических и социальных факторов, влияющих на эффективность принимаемых решений, что требует уточнения и развития методических основ проектирования динамики поэтапного вскрытия при производстве горных работ на глубоких горизонтах для обеспечения устойчивого функционирования горнорудных предприятий, разрабатывающих крутопадающие месторождения открытой и комбинированной геотехнологиями, что представляет собой решение актуальной проблемы и имеет важное хозяйственное значение.

2. Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав и заключения, изложенных на 340 страницах машинописного текста, содержит 58 таблиц, 158 рисунков, список использованной литературы из 367 наименований и 3 приложения.

В первой главе диссертации выполнен анализ условий функционирования горнодобывающих предприятий в современных условиях и рассмотрены перспективы освоения крутопадающих месторождений. Показано, что тенденции снижения содержания полезных компонентов в добываемых рудах, увеличения текущих и проектных значений глубин разработки месторождений, сохраняются на обозримую перспективу. При этом ростом разработки усложняется создание транспортного доступа к полезному ископаемому, увеличиваются затраты на производство основных технологических процессов горных работ, особенно на транспортирование горной массы.

Изучена современная научно-методическая база обоснования порядка вскрытия карьер-

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»
за № _____
Дата регистрации <u>09.06.2022</u>
Фамилия регистратора _____

ерных полей, повышения эффективности карьерного транспорта, а также обоснования параметров горнотехнических систем при открытом и комбинированном открыто-подземном способах разработки месторождений. Показано, что для горнодобывающих предприятий, разрабатывающих крутопадающие месторождения в диапазоне глубин от 200 до 1000 м на отдельных этапах их разработки могут применяться различные варианты вскрытия и транспортного обеспечения.

Сформулированы цель, задачи и схема диссертационного исследования, предполагающие разработку целесообразной стратегии освоения месторождения и соответствующей методики определения параметров поэтапного вскрытия, основанной на системном подходе с учетом широкого набора влияющих факторов, что позволит повысить эффективность функционирования горнотехнических систем.

Во второй главе диссертации развиты методологические основы обоснования параметров вскрытия карьеров и ее роли в структуре горнотехнической системы. Выполнено моделирование и горно-геометрический анализ действующих карьеров различной глубины, для которых установлено, что влияние схемы вскрытия на общие объемы вскрышных работ достигает 35%; капитальные затраты на формирование транспортного комплекса составляют до 50%; эксплуатационные расходы достигают 70 % от общих затрат на разработку; на долю карьерных автосамосвалов приходится от 60 до 75% объема выбросов загрязняющих веществ. При этом расширяющийся модельный ряд оборудования, позволяют формировать значительное количество вариантов компоновки транспортного комплекса карьера, что усложняет задачу выбора карьерного транспорта и обоснования параметров схемы вскрытия.

Предложена авторская трактовка термина «система вскрытия». Показано, что как техническая, технологическая, организационная и вспомогательные системы, являются не только взаимосвязанными друг с другом, с системами вскрытия и разработки, но и имеющими общие элементы. В диссертационной работе предложен подход, при котором вопросы, связанные с выбором карьерного транспорта и обоснованием способа и схемы вскрытия, будут рассматриваться в рамках системы вскрытия, как подсистемы ГТС, что позволит комплексно решать задачи выбора стратегии развития и обеспечения устойчивости функционирования горнотехнических систем на различных этапах разработки месторождений.

В работе выполнена систематизация параметров системы вскрытия, влияющих на развитие горнотехнической системы. В основу систематизации положен функциональный подход с выделением пяти групп факторов: технических (вид транспорта); технологических (производительность транспортного комплекса, приведенная транспортная работа, объем

вскрывающих выработок); экономических (период использования системы вскрытия, экономической эффективности), а также социальная и экологическая эффективность принятых параметров вскрытия.

В третьей главе обоснован критерий оценки эффективности системы вскрытия и подход к выбору стратегии развития горнотехнической системы, основанный на многокритериальном методе принятия решений.

Основой метода при расчете комплексного критерия эффективности является ранжирование выделенных на предыдущем этапе многофакторных параметров системы вскрытия, их стандартизация и приведение к расчетным ранговым коэффициентам с использованием метода MARCOS

При этом определено, что наилучшие значения по технологическим, экономическим, экологическим и социальным параметрам системы вскрытия, для условий глубоких горизонтов рудных месторождений, могут быть достигнуты при расширении области использования карьерных подъемников путем эффективной реализации циклично-поточной технологии транспортирования горных пород (ЦПТ). Эффективность применения ЦПТ во многом будет определяться временем начала ее применения, глубиной расположения перегрузочных пунктов подъемников в карьерах и планируемой продолжительностью их использования.

В четвертой главе исследованы технологические решения, предусматривающие изменение системы вскрытия глубоких горизонтов с ЦПТ для мощных крутопадающих месторождений на примере Михеевского карьера. Высокая производственная мощность карьера и динамика развития горных работ осложняется трудностями с размещением большого числа вскрывающих выработок при создании транспортного доступа на все горизонты карьера. Для развития систем вскрытия с ЦПТ разработаны решения по переходу на высокоуступную технологию, что позволило при изменении направления подвигания фронта и более интенсивной отработке отдельных вскрышных участков обеспечить более равномерное распределение выемки вскрышных пород, стабилизацию во времени текущего коэффициента вскрыши и парка горнотранспортного оборудования, а также лучшие экономические показатели не только в текущем, но и на последующем этапе разработки.

При разработке крутопадающих залежей средней и малой мощности на глубоких горизонтах предложена целесообразная стратегия перехода на комбинированный способ отработки запасов за проектным контуром карьера. Исследование глубины расположения перегрузочного пункта при открыто-подземном способе показало, что снижение эксплуатационных затрат возможно путем использования ЦПТ, а затраты на добычу 1 т руды зависят от производственной мощности рудника и параметров системы вскрытия

Показано, что при расположении запасов ниже дна карьера на глубине до 750 м транспортирование руды целесообразно по подземному наклонному съезду, пройденному из карьера, и далее - карьерному подъемнику. При расположении запасов выше уровня дна карьера на расстоянии до 3,5 км от поверхности борта карьера транспортирование руды целесообразно по карьерному подъемнику при вскрытии штольной с борта карьера

Для реализации вариантов системы вскрытия с ЦПТ при открыто-подземном способе разработки требуется сформировать перегрузочный пункт и накопительный склад в пространстве карьера. Регулирование режима работы карьерных подъемников на этапе подземной разработки осуществляется сокращением времени их использования за счет действия накопительного рудного склада.

В пятой главе предложен подход к формированию системы вскрытия, методам оценки ее эффективности и технологические решения по развитию циклично-поточной технологии транспортирования горной массы, обеспечивающие устойчивость предприятия при воздействии изменяющихся факторов внешней и внутренней среды.

Предложена конструкция вскрывающих выработок при переходе к открыто-подземному способу, позволяющая реализовать ЦПТ транспортирования рудной массы подземного рудника, разработана методика определения параметров этапов вскрытия глубоких горизонтов рудных месторождений и выбора стратегии развития ГТС при открытой и комбинированной геотехнологии.

Выполненное моделирование для условий глубоких карьеров показало при различных углах откоса нерабочего уступа, проектной глубины открытых горных работ и глубины расположения перегрузочного пункта, приращение глубины разработки может достигать 30%

Для условий этапа доработки открытым способом и перехода к открыто-подземному способу разработки разработана конструкция карьерного подъемника. Для этого карьерный подъемник соединяется единым приводом с подъемным устройством, обслуживающим перегрузочный пункт, что позволяет не только доставлять горную массу на поверхность, но и производить подъем и спуск оборудования и материалов для подземного рудника без использования автотранспорта. Аналогичные решения были также разработаны для условий применения шевронного трубчатого конвейера «Chevron-MegaPipe Conveyor».

Разработан алгоритм определения параметров системы вскрытия и принятия решения по выбору стратегии устойчивого развития ГТС. Оценку экономической эффективности параметров этапов вскрытия и определения наиболее целесообразной стратегии развития ГТС на месторождении предложено производить для варианта с наибольшим рангом.

В шестой главе показаны практическая реализация разработанных автором решений и примеры апробации методики оценки стратегий устойчивого развития ГТС на горнодобывающих предприятиях уральского региона. В результате изменения параметров текущего этапа отработки на Аккермановском руднике экономический эффект составил 234,2 млн.руб; для принятого варианта системы вскрытия Круторожинского карьера – 324,13 млн.руб.; для условий перехода на открыто-подземный способ разработки месторождения Юбилейное – 338,78 млн.руб.

При сокращении длительности переходного периода к очередному этапу разработки установлено закономерное снижение количества вариантов стратегий развития ГТС и их эффективности при завершении очередного этапа вскрытия. Показано, что отсутствие принятой стратегии развития ГТС может сопровождаться разрывом в добыче руды и снижением экономических показателей при разработке рудных месторождений.

3. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором получен ряд научных положений, имеющих важное теоретическое и практическое значение для отечественной горной промышленности и обладающих научной новизной.

1. Доказательство первого научного положения обеспечивается анализом данных по значительному количеству (в целом более 40 карьеров) горнодобывающих предприятий со значительной глубиной разработки, применяющими цикличную, циклично-поточную и комбинированную технологию ведения горных работ.

Новым является установленный факт наличия зоны конкурентных решений по вскрытию в диапазоне глубины ведения работ от 150-200 до 700-1000м. Показано, что в выделенной зоне происходят процессы, связанные с адаптацией горнотехнических систем при переходе от одного этапа разработки к другому, в т.ч. при переходе на открыто-подземный способ разработки (с.80-82, с.111-114, табл. 2.9-2.10, рис. 2.8,2.9, 2.22-24)

2. Доказательство второго научного положения основано на исследовании и систематизации действующих систем вскрытия, а также анализе параметров и показателей горно-технологических систем и систем вскрытия и порядка формирования внутрикарьерных грузопотоков (с.93-96, табл.2.6., 2.7) и разработанном подходе к обоснованию комплексного критерия оценки эффективности системы вскрытия, учитывающем вес и целевые значения входящих в него параметров.

Новым является предложенное определение термина «система вскрытия» как подсистемы, обеспечивающей формирование грузопотоков, характеризуемых элементами, параметрами, связями (совокупность вскрывающих выработок, транспортных средств и

устройств, внутрикарьерных пунктов перегрузки горной массы) и продолжительностью их нахождения в неизменном виде в пределах одного этапа вскрытия.

3. Доказательство третьего научного положения обеспечивается группировкой и систематизацией принципов устойчивого развития горнотехнических систем, сопровождающейся детальным обоснованием критерия оценки эффективности систем вскрытия, основанном многокритериальной оценке транспортного обеспечения карьерного пространства с использованием предложенного комплексного критерия эффективности, в качестве которого использовался вычисляемый ранговый коэффициент (рис. 3.12, с.142-159). Определено, что наилучшие для условий глубоких горизонтов рудных месторождений по технологическим, экономическим, экологическим и социальным параметрам системы вскрытия могут быть достигнуты при эффективной реализации циклично-поточной технологии транспортирования горных пород.

Новым является доказательство того, что условием перехода на очередной этап вскрытия глубоких горизонтов высокопроизводительных карьеров (на примере Михеевского ГОКа) является не только развитие циклично-поточной геотехнологии, но и сопровождающее ее изменение конструкции рабочей зоны с переходом на высокие уступы, увеличение ширины и сокращение количества рабочих площадок.

4. Доказательство четвертого научного положения основано на исследовании и систематизации технологических приемов ведения открыто-подземных работ в зависимости от расположения запасов относительно контуров карьера. На основе предложенной классификации технологических схем транспортирования горной массы с применением карьерных подъемников при открыто-подземной разработке (рис.4.36, табл.4.4), обоснована окупаемость инвестиций и энергозатраты при различных способах доставки руды на поверхность и различной глубине расположения концентрационного горизонта, а также производительности подземного рудника (рис.4.28-4.31).

Новым является доказательство того, что использование вариантов вскрытия с конвейерными подъемниками, формируемыми до дна карьера позволяет вовлечь в разработку из выработанного пространства карьера запасы, удаленные по горизонтали от контура борта карьера до 3,5 км и ниже уровня дна карьера до глубины 750 м.

5. Доказательство пятого научного положения основано на предложенной конструкции вскрывающих выработок при переходе к открыто-подземному способу, позволяющей реализовать циклично-поточную технологию при отработке подземного рудника, и разработанной методике определения параметров этапов вскрытия глубоких горизонтов рудных месторождений и выбора стратегии развития ГТС при открытой и комбинированной геотехнологии.

Новым является подход к применению карьерных подъемников, объединяющих функции подъема горной массы и доставки оборудования и материалов к внутрикарьерным перегрузочным пунктам, что позволяет увеличить глубину карьера до 30% без разноса его бортов по поверхности.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений диссертационного исследования достигается за счет анализа и использования передового опыта проектирования и эксплуатации более 40 отечественных и зарубежных глубоких карьеров в сложных условиях, применения апробированных методов научных исследований (системного и сравнительного анализа, экспертных оценок, использования аппарата нечетких множеств и нечетких агрегированных оценок, ранжирования, экономико-математического моделирования, технико-экономических расчетов), использования из официальных источников статистических и отчетных данных предприятий, эмпирических данных предприятий.

Достоверность результатов обеспечена: надежностью и представительным объемом исходных данных и апробацией результатов исследований на действующих карьерах; корректным использованием полученных теоретических результатов и фундаментальных положений теории вскрытия карьерных полей и проектирования горнотехнических систем; удовлетворительной сходимостью данных производственной деятельности предприятий с результатами, полученными различными методами исследований, апробацией результатов исследований на карьерах.

5. Значение диссертации для науки и практики

Научное значение работы состоит в:

- разработке комплексного критерия оценки эффективности системы вскрытия, основанного на многофакторной систематизации и ранжирования их параметров и показателей с вычислением рангового коэффициента и использованием аппарата нечетких множеств и нечетких агрегированных оценок;

- систематизации принципов устойчивого развития предприятия, определении места и важности работ по поэтапному вскрытию карьерного пространства и на этой основе - разработке методического подхода и алгоритма определения параметров системы вскрытия по выбору стратегии устойчивого развития горнотехнической системы, включающих не только технологические и экономические, но и технические, социальные и экологические факторы и их значимость на стадии разработки решений;

- классификации технологических схем транспортирования горной массы с применением карьерных подъемников при открыто-подземной разработке, разработке методики

определения параметров этапов вскрытия глубоких горизонтов с обоснованием окупаемости инвестиций и энергозатрат при различных способах доставки руды на поверхность при различной глубине расположения концентрационного горизонта и производительности подземного рудника.

Практическое значение работы заключается в разработке:

- рекомендаций по использованию теоретических положений и геотехнологических решений диссертации на 8 крупных горнодобывающих предприятиях уральского региона;
- технологических решений по формированию рабочей зоны карьеров, позволяющих повысить эффективность циклично-поточной технологии транспортирования горной массы с глубоких горизонтов карьеров;
- методического подхода и алгоритма определения параметров системы вскрытия по выбору стратегии устойчивого развития горнотехнической системы, учитывающих на стадии выработки решений технологические и экономические, а также технические, социальные и экологические факторы.

Разработанная методика проектирования поэтапного вскрытия глубоких горизонтов месторождений рекомендована к использованию при проектировании новых и реконструкции действующих горнодобывающих предприятий.

Основные научные положения диссертации использованы в учебном процессе при изучении дисциплин: «Проектирование карьеров», «Процессы открытых горных работ», «Обоснование проектных решений», «Технология и комплексная механизация открытых горных работ» специальности 21.05.04 – Горное дело, специализации «Открытые горные работы», а также при подготовке аспирантов.

6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность, подтверждение публикациями автора

Диссертация **Бурмистрова Константина Владимировича** легко читается, характеризуется достаточной структурированностью, логичностью изложения и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предложена совокупность новых научно обоснованных геотехнологических решений по поддержанию устойчивого развития горнорудных предприятий, обрабатывающие крутопадающие месторождения за счет поэтапной реконструкции вскрытия запасов глубоких горизонтов при их открытой и комбинированной отработке, имеющие важное народнохозяйственное значение для развития горнодобывающей промышленности России.

Диссертационная работа является самостоятельным научным исследованием, выполненным на актуальную тему и обладающим научной новизной и практической значимостью. Выводы, утверждения и заключения аргументированы автором работы достаточно убедительно.

По результатам исследований автором опубликовано 46 научных работ, из них: 16 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ; 13 – в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus; 12 – в прочих изданиях; 3 учебных пособия и 2 монографии, зарегистрирована 1 программа для ЭВМ и получен 1 патент. Содержание опубликованных работ и автореферат достаточно полно отражают основные положения и выводы диссертационного исследования.

Результаты исследований докладывались и обсуждались на международных и межрегиональных конференциях и симпозиумах: «Неделя горняка» (г. Москва, 2004-2018 г.), Комбинированная геотехнология (Магнитогорск, 2013, 2017, 2019, 2021 гг.), «Открытые горные работы в XXI веке» (г. Красноярск, 2015 г., 2017 г.), «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (Магнитогорск, 2010-2021 гг.); НИИОГР (г. Челябинск, 2016-2022 гг.), ИПКОН РАН (Москва, 2022 г.), на технических советах ГОП Рудник ПАО «ММК», Аккермановского рудника, АО «Орское карьероуправление», ОАО «Белсталь» и др.

7. Замечания по диссертации

Положительно оценивая диссертацию в целом, отмечая научную и практическую значимость полученных результатов, следует сделать отметить замечания по работе:

1. Введенный термин и определение: «...Под *системой вскрытия* предлагается понимать подсистему горнотехнической системы, предназначенную для обеспечения доступа к месторождению, формирования и осуществления грузопотоков полезного ископаемого, вскрышных пород, оборудования и материалов, и состоящую из вскрывающих выработок, транспортных средств и устройств, внутрикарьерных пунктов перегрузки горной массы...» по сути верны, однако имеют внутреннее противоречие – «...система вскрытия...понимается как подсистема... горнотехнической системы...». Кроме того, главным в определении является факт того, вскрытие – это **комплекс горных работ, обеспечивающих** организацию грузотранспортной связи между рабочими горизонтами и пунктами приема горной массы, что не учитывается автором.

2. Автором утверждается, что им «...обоснован критерий оценки эффективности системы вскрытия и подход к выбору стратегии развития горнотехнической системы, основанный на многокритериальной оценке к принятию решений...». Однако по факту, многокритериальная оценка заменена многофакторной систематизацией и ранжированием параметров и показателей системы вскрытия с вычислением рангового коэффициента.

3. Рисунки 5,6 автореферата (ранжирование групп параметров системы вскрытия) и рис.3.9, 3.10 диссертации нуждаются в значительных пояснениях как по оценкам, так и по правилам построения

4. Рекомендуемое автором развитие циклично-поточной геотехнологии, сопровождающееся изменением конструкции рабочей зоны с переходом на высокие уступы, увеличением ширины и сокращением количества рабочих площадок (рис.8 автореферата, рис. 4.6 а,б и 4.7а,б диссертации) тем не менее не сопровождается корректными технологическими решениями по отработке таких участков и сдвоенных уступов.

5. Рекомендации автора о том, что имеющиеся съезды от поверхности до перегрузочного пункта могут быть отработаны до ширины предохранительных берм, либо однополосных наклонных транспортных берм не обеспечиваются техническими мероприятиями по безопасной их отработке.

8. Соответствие диссертации требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация **Бурмистрова Константина Владимировича** является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложена совокупность новых научно обоснованных геотехнологических решения по поддержанию устойчивого развития горно-рудных предприятий, обрабатывающие крутопадающие месторождения за счет поэтапной реконструкции вскрытия запасов глубоких горизонтов при их открытой и комбинированной отработке, имеющие важное народнохозяйственное значение для развития горнодобывающей промышленности России.

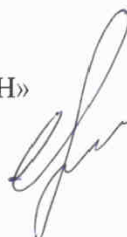
Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842), предъявляемым к докторским диссертациям, и заслуживает положительной оценки, а ее автор, **Бурмистров Константин Владимирович**, достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник

ФГБУН «Институт горного дела УрО РАН»

доктор технических наук, профессор



Корнилков Сергей Викторович

Я, Корнилков Сергей Викторович, автор отзыва, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Сведения о лице, составившем отзыв:

Почтовый адрес: 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58

Телефон: +7 (343) 350-64-30; эл. почта: kornilkov@igduran.ru

Научная специальность, по которой защищена докторская диссертация 05.15.03 – «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых».

06 июня 2022 г.

Подпись Корнилкова С.В. удостоверяю:

начальник отдела кадров ФГБУН ИГД УрО РАН



Коптелова С.В.

