

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию

Коваленко Алексея Анатольевича

«Обоснование параметров технологии освоения кимберлитовых месторождений Якутии системами разработки с самообрушением»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

Актуальность темы, цель и идея диссертации.

Представленная диссертационная работа посвящена теме, которая практически не проработана и поэтому до настоящего времени не определена целесообразность применения технологии с самообрушением при освоении кимберлитовых трубок Якутии, не говоря уже об обосновании параметров системы разработки.

Следует отметить, что немногочисленные попытки адаптации широко известных в этой области знаний исследований, имевших место в ЮАР, Чили, Австралии, встречались, что называется в «штыки» или просто блокировались на разных уровнях без объяснения причин, а точнее, в силу некомпетентности людей, принимавших решения. Нельзя отрицать, что реальная возможность применения систем с самообрушением в климатических условиях Якутии весьма проблематична, но для отказа от их использования требуются более веские основания, чем просто чьи-то впечатления.

Автор справедливо отмечает, что современное состояние подземной разработки кимберлитовых месторождений Якутии характеризуются сложностью горно-геологических, горнотехнических и техногенных условий, которое постоянно усугубляется с глубиной горных работ. Отражается это и на качестве сырья, что вызывает необходимость поиска технологий, снижающих издержки на его добычу. Поэтому при подземной разработке кимберлитовых трубок определенный интерес представляют технологии, обеспечивающие высокую производственную мощность рудников при одновременном снижении эксплуатационных расходов. В этой связи наибольший интерес представляют системы 2 класса (классификация Трушкова-Именитова) с принудительным или самообрушением руд и вмещающих пород. Специфические условия предприятий АК «АЛРОСА», расположенных в Якутии, в частности, наличие подземных водоносных комплексов, а также низкие температуры на протяжении не менее 7 месяцев, существенно осложняют возможность применения указанных технологий, особенно в части применения этажного обрушения, как, впрочем, и геомеханические условия разработки.

Важно, что автор видит эти сложности и понимает необходимость поиска и обоснования параметров эффективных технологий при высоком уровне геотехнического риска, с соответствующим им совершенствованием основных процессов очистной выемки. Это позволяет признать представленную к защите работу актуальной, еще раз подчеркнем, особенно в условиях отработки кимберлитовых месторождений Якутии.

В связи с изложенным не вызывает сомнений и **цель** работы, которая сформулирована как обоснование параметров технологии освоения кимберлитовых месторождений Якутии высокопроизводительными и эффективными системами разработки с самообрушением. При этом ее **идея** заключается не в чистой геометрии, а в том, что эффективные и безопасные параметры определяют с учётом геотехнического **риска**.

В качестве объекта исследований автор выбрал технологию освоения кимберлитовых месторождений подземным способом, акцентируя свое внимание на параметрах системы разработки с самообрушением.

В соответствии с этим сформулированы и решаемые задачи, которые включают анализ современного опыта эксплуатации кимберлитовых месторождений и существующих методов расчета

| | |
|--|------------|
| ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова» | |
| за № _____ | _____ |
| Дата регистрации | 24.12.2024 |
| Фамилия регистратора | _____ |

параметров систем с самообрушением, разработку технологических схем их освоения и кимберлитовых месторождений системами с самообрушением, а также методики определения параметров системы разработки с учетом идентификации факторов геотехнического риска и рекомендаций по использованию систем разработки с самообрушением для освоения кимберлитовых месторождений Якутии с технико-экономической оценкой предложенных решений.

Методы исследований включают научные обобщения достижений науки, техники при эксплуатации рудных месторождений подземным способом, практики проектирования и результатов отечественных и зарубежных исследований; аналитические и технико-экономические расчеты с обработкой данных методами математической статистики.

Основные научные положения, выносимые на защиту.

1. Первое научное положение касается безопасности и эффективности освоения запасов кимберлитовых месторождений Якутии. В нем автор заключает, что в сложных горнотехнических условиях с учетом возможного снижения качества руды с глубиной, следует применять систем разработки с обрушением при этом обоснование параметров проводить с учетом геотехнического риска, и комплекса мероприятий, компенсирующих отрицательное воздействие негативных факторов, присущих данному региону, оказавших влияние на процесс формирования кимберлитовых трубок.

2. Согласно второму научному положению, предотвращение или компенсация негативного влияния гидрогеологических, геомеханических и газодинамических факторов, достигаются посредством гидроразрыва в сочетании с методами заблаговременной дегазации и дренажа, что в свою очередь активизирует самообрушение, т. е. практически исключает или сокращает период, так называемого «созревания» и воздействует на фрагментацию рудного массива, что особенно важно на ранней стадии выпуска руды.

3. Третьим научным положением установлено, что безопасная и эффективная подготовка и отработка кимберлитовых трубок определяются надежностью исходных данных, таких как степень трещиноватости, прочность руд и пород, напряженное состояние массива, что позволяет определить величину гидравлического радиуса и соответствующую ему площадь подсечки, обеспечивающих самообрушение руд и пород с вероятностью геотехнического риска не более 60%.

4. В четвертом научном положении показано, что методы управления геотехническим риском при применении систем разработки с самообрушением определяются уровнем возможных последствий. Установлено, что допустимый риск оправдан при надежности исходных данных о трещиноватости массива не менее 50% вне зависимости от их изменчивости, а с повышением надежности исходных данных до 70 % и более, либо введением коэффициента запаса площади подсечки, равного 1,1-1,3; при высоком уровне последствий – проведением заблаговременной предподготовки массива с целью увеличения его трещиноватости в 1,5-2 раза.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждаются: анализом мирового опыта подземной разработки месторождений с применением различных технологических решений; достаточным объемом информации о горно-геологических и производственно-технических условиях освоения запасов кимберлитовых месторождений и об эффективности использования базовых вариантов технологических схем их отработки; корректностью использования современных методов исследований при обосновании параметров технологии при применении различных систем разработки; условий разработки и влияния их техногенных изменений; математической обработкой результатов анализа статистических и

экспериментальных данных; удовлетворительной сходимостью (более 80%) результатов теоретических исследований и аналитических расчетов с показателями, достигнутыми на рудниках.

Оценка содержания диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 105 наименований, изложенных на 202 страницах машинописного текста, содержит 69 рисунков, 46 таблиц.

В первой главе отражены основные проблемы, возникающие при подземной разработке и обобщен опыт освоения кимберлитовых месторождений Якутии, в том числе системами с принудительным обрушением, а также применения систем с самообрушением за рубежом. Выполнена оценка их геологической, горнотехнической и геомеханической характеристик. Указано на снижение содержания алмазов с глубиной отработки при отработке большинства коренных месторождений алмазов, наличие подземных высоко минерализованных водоносных комплексов, выделение горючих газов, нефтебитумные проявления, разупрочнение руд при увлажнении и размораживании, их малую прочностью и среднюю степень трещиноватости.

В результате анализа выявлено, что применяемые в настоящее время методики не учитывают горно-геологические и горнотехнические особенности отработки кимберлитовых месторождений в криолитозоне, а также геотехнические **риски**, сгруппированные автором в пять главных блоков, связанные с надежностью исходных данных, которые необходимо учитывать при обосновании параметров системы разработки с самообрушением.

Во второй главе, при общем ее названии «Методика расчета параметров системы разработки с самообрушением» изложены материалы по анализу горно-геологических и горнотехнических условий трубок «Мир», «Айхал», «Юбилейная» с акцентом на трубку «Удачная» и других менее известных кимберлитовых месторождений. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой технологических схем освоения алмазоносных месторождений при использовании систем разработки с самообрушением и схем дегазации рудного массива.

Отмечено, что эффективная реализация технологических схем применения систем разработки с самообрушением возможна только при обосновании их параметров, таких как размеры блока, подсечки, параметры метода пред подготовки массива (к примеру, гидроразрыв), дегазации и дренажа, которые определяются исходя из величины гидравлического радиуса с учетом специфических горно-геологических и горнотехнических условий месторождений.

Наконец сделан вывод – «при определении параметров систем разработки применяются различные общепринятые методики», однако они рассчитываются без учета существующих геотехнических рисков. Указано, что в настоящее время отсутствует критерий, который учитывал бы все факторы, влияющие на параметры систем разработки с самообрушением, а именно, недостоверность и широкий разброс исходных данных, различие физико-механических свойств рудного и породного массива. Предложен динамический критерий, позволяющий определять уровень геотехнического риска и своевременно реагировать на изменение свойств горного массива на всех стадиях реализации технологий с самообрушением в зависимости от изменяющихся факторов внешней и внутренней среды и разработана методика расчета параметров систем разработки с самообрушением при учете влияния геотехнического риска на различных стадиях **жизненного цикла**, изменчивости и надежности горно-геологической информации.

В третьей главе представлен вариант обоснования параметров системы разработки с самообрушением с учетом геотехнического риска. Автор приводит расчеты гидравлического радиуса для трубки «Удачная» ориентируясь на \max , \min и средние физико-механические характеристики рудного и породного массивов. Данные для расчетов и их результаты представлены в табл. 3.8, 3.10-3.12. Установлено, что соответствующая HR площадь подсечки для обеспечения самообрушения

запасов кимберлитовых руд трубки Удачная изменяется от 883 м² (~ 30×30) до 4159 м² (~ 65×65). Согласно оценке уровня геотехнического риска при низком уровне последствий (табл.3.14) при любой изменчивости физико-механических свойств горного массива и надежности исходных данных обеспечивается допустимый уровень геотехнического риска (10–20%) для условий трубки Удачная, что обуславливает формирование минимальной подсечки при требуемой степени трещиноватости горного массива.

Установлено, что для обеспечения эффективного самообрушения как руды, так и породы, необходимо применять методы подготовки, которые направлены на изменение параметров трещиноватости и прочности массива. Низкий уровень последствий для обеспечения допустимого уровня риска при применении систем разработки с самообрушением в условиях кимберлитового месторождения «Удачная» достигается при надежности исходных данных не менее 50–60 % вне зависимости от изменчивости трещиноватости массива. При среднем уровне последствий эффективное самообрушение руды обеспечивается надежностью исходных данных не менее 70%, а при высоком уровне последствий для обеспечения допустимого уровня риска требуется повышение трещиноватости за счет гидроразрыва. Кроме того, гидроразрыв способствует дегазации рудного массива.

В четвертой главе даны рекомендации по применению систем разработки с самообрушением при разработке кимберлитовой трубки «Удачная». Изложены результаты исследований по обоснованию параметров отработки, которые включают технологические решения, обеспечивающие высокую полноту использования недр, эффективность, безопасность горных работ. Разработан алгоритм определения параметров технологии освоения кимберлитовых месторождений Якутии с учетом геотехнического риска на этапе проектирования при системах разработки с самообрушением, учитывающий изменчивость свойств массива, надежность исходной горно-геологической информации. Предложена технологическая схема освоения кимберлитовых месторождений Якутии с применением систем разработки с самообрушением с учетом негативного влияния гидрогеологических, геомеханических и газодинамических условий отработки при снижении качества полезного ископаемого с глубиной залегания рудных тел, учитывающая предварительную дегазацию, дренаж и подготовку массива с целью компенсации негативного влияния осложняющих факторов и активации процессов фрагментации и самообрушения.

Научная новизна диссертации.

Автором проведена систематизация геотехнических рисков и методов их управления, учитывающие специфику горно-геологических условий кимберлитовых месторождений, технологических процессов и их стадийность, позволяющих идентифицировать риски по факторам и источникам с прогнозом опасностей и последствий на каждом этапе жизненного цикла технологии освоения кимберлитовых трубок Якутии системами разработки с самообрушением. Получены эмпирические зависимости, в виде уравнений множественной регрессии, гидравлического радиуса для руд и пород кимберлитовых месторождений Якутии от основных влияющих факторов при использовании систем разработки с самообрушением и варьировании в диапазонах ($\pm 50 \div 75$ % от среднего значения) степени трещиноватости и уровня надежности исходных данных, установлен динамический критерий оценки геотехнического риска при использовании систем разработки с самообрушением на кимберлитовых месторождениях Якутии, позволяющий оценить вероятность и последствия геотехнического риска на всех стадиях жизненного цикла горного производства.

Соответствие работы критериям, предъявляемым к диссертациям.

Рассматриваемая диссертация на соискание ученой степени кандидата наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решены ряд задач, имеющих важное хозяйственное значение.

Представленная диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, а также свидетельствует о личном вкладе автора в развитие науки.

Рекомендации по реализации результатов работы.

Результаты и научно-практические рекомендации работы использованы при разработке проектных решений по отработке кимберлитовой трубки «Удачная», концепции отработки рудника «Мир Глубокий» и могут быть использованы при планируемой разработке ряда кимберлитовых месторождений Якутии.

Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследований, формулировании идеи достижения цели, разработке: конструкции системы разработки с самообрушением применительно к условиям месторождений Якутии, методики расчета ее параметров с учетом геотехнического риска, структуры геотехнических рисков, систематизации методов управления рисками, обосновании динамического критерия их оценки при системах разработки с самообрушением, установлении зависимости гидравлического радиуса для руд и пород кимберлитовых месторождений от основных влияющих факторов, а также в создании алгоритма определения параметров.

Общая оценка диссертационной работы.

Представленная диссертационная работа изложена четким грамотным языком с использованием строгой научной терминологии. Стиль изложения материала, научных положений и результатов исследований следует квалифицировать как научный. Выводы, научные положения работы, заключение аргументированы убедительно, обоснованы и достоверны.

Достоинством рассматриваемой диссертации является представленный большой объем убедительных, тщательных исследований параметров систем с самообрушением при учете оценки уровня геотехнического риска и любой изменчивости физико-механических свойств горного массива, а также надежности исходных данных, что обуславливает формирование подсечки на минимальной площади при требуемой степени трещиноватости горного массива, в том числе для условий трубки Удачная. Это обеспечивает достижение долговременной безопасности эксплуатируемых объектов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК России и патент на изобретение.

Практическое значение работы заключается в разработке рекомендаций по выбору технологии и обоснованию параметров системы разработки с самообрушением с учетом геотехнического риска в условиях подземной отработки кимберлитовых месторождений Якутии для повышения эффективности и безопасности их освоения.

Основные замечания по диссертации.

1. Диссертационная работа переполнена информацией, иногда не имеющей отношение к разрабатываемой теме.
2. Неясно что значит при реализуемом проекте подземной добычи руды с применением самообрушения разрабатывать своевременные меры по управлению рисками?

3. Насколько целесообразно было проводить собственные расчеты гидравлического радиуса при том, что этим занимались многие авторы и организации с результатами расчетов которых по рассматриваемым месторождениям, полученные автором значения совпадают?

4. Объяснить, почему при оценке влияния физико-механических свойств руды и пород на обрушаемость массива при подсечке используются разные показатели надежности: процентиль – для оценки влияния прочности и напряженности пород, а критерий надежности – для оценки влияния степени трещиноватости.

5. Для нейтрализации негативного влияния гидрогеологических, газодинамических факторов предлагается проводить дренаж и дегазацию горного массива, но не указываются конкретные показатели по срокам, параметрам, оборудованию.

Сделанные замечания не снижают научной и прикладной ценности представленной диссертации.

Заключение.

Рассматриваемая диссертационная работа на тему «**Обоснование параметров технологии освоения кимберлитовых месторождений Якутии системами разработки с самообрушением**», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины, является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной в соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемыми к кандидатским диссертациям, а автор диссертации, Коваленко Алексей Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

Профессор кафедры «Геотехнология освоения недр»
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»,
доктор технических наук, профессор



Савич Игорь Николаевич

2 декабря 2024 года

Научная специальность: 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4.

Тел./факс: +7 499 236 21 05, моб. телефон: 8 (964) 512 44 21

e-mail: TPR_MSMU@mail.ru

Я, Савич Игорь Николаевич, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их обработку.

Подпись Савича Игоря Николаевича заверяю:
Директор Горного института НИТУ МИСиС
Доктор экономических наук, профессор



Мясков Александр Викторович