

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Бахасовой Светланы Петровны
на диссертацию **Вальковой Евгении Олеговны** на тему:
«Маркшейдерское обеспечение оценки устойчивости бортов карьеров
на основе геомеханического анализа оползневого процесса», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.3. Горнопромышленная и нефтегазопромысловая
геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

1. Актуальность темы диссертации

Открытый способ разработки месторождений полезных ископаемых занимает лидирующие позиции, как по экономическим показателям, так и эффективности работ. Вместе с тем одной из главных проблем при его использовании является обеспечение устойчивости бортов карьера. Наиболее опасным проявлением потери устойчивости является возникновение оползней. Их прогнозирование и предупреждение актуальна и вместе с тем сложная задача.

Нормативно-методическая документация содержит рекомендации по устойчивости бортов и уступов карьеров, что в целом позволяет поддерживать безопасную разработку. Вместе с тем необходимо совершенствовать методики наблюдений за деформациями бортов карьеров, внедрять и использовать их в форме нормативных документов при ведении мониторинга устойчивости бортов карьеров. Сложность этого вопроса заключается не только в правильном выборе новых маркшейдерско-геодезических приборов, но и в развитии представлений о деформировании прибортового массива, т.е. в более углубленном понимании напряжённого состояния массива горных пород и правильного выбора конструкции наблюдательной станции, мест закрепления рабочих реперов и интерпретации результатов наблюдений, позволяющих своевременно оценивать уровень риска нарушения устойчивости бортов и предупреждать развитие деформаций на ранней стадии их проявления.

На практике не редки случаи, когда наблюдательную станцию по профильной линии создают в одном месте, а оползень происходит в другом. Очевидно, что следует проводить зонирование карьера на предмет выделения оползнеопасных зон и этих зонах закладывать наблюдательные станции для проведения инструментальных наблюдений. В какой-то мере опытными специалистами это так и делается, но стандартизированного подхода выделения геомеханических зон, в которых существует высокий уровень риска развития деформаций и нарушения устойчивости бортов, на сегодняшний день нет.

Не менее важно определять ширину призмы возможного обрушения, как наиболее уязвимого участка борта, в котором и должны быть заложены реперы наблюдательной станции. От правильного определения этого параметра и формы потенциальной поверхности скольжения зависит надежность прогноза устойчивости борта карьера.

Автор в диссертации предложила определять ширину призмы возможного обрушения на основе оценки напряженно-деформированного состояния прибортового массива, что представляется правильным, так как по этой картине возможно определение мест возникновения заколов на земной поверхности, оконтурива-

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-143 от 18.06.25

ющих призму возможного обрушения.

Оценка напряженно-деформированного состояния прибортового массива в рамках упруго-пластического решения, позволяет показать отличия формирования оползня при различных углах наклона борта карьера. Эти различия определяют выбор метода наблюдений за деформациями и участки борта, на которых существует высокий уровень риска возникновения деформаций: прибортовой участок земной поверхности; откосная часть борта карьера или все вместе. Грамотный выбор наиболее опасного участка для наблюдений позволяет экономить трудовые и временные ресурсы и повышать эффективность результатов.

Рассмотрение автором диссертации перечисленных вопросов указывает на актуальность темы и глубину, проведенных ею исследований.

2. Научная новизна диссертации

2.1 Разработан алгоритм уточнения цифровых моделей карьеров, позволяющий осуществлять контроль построения по характерным точкам.

2.2 Разработана методика выделения потенциально оползнеопасных зон на карьерах и классифицирования оползней по сценариям проявления.

2.3 Разработана методика маркшейдерских наблюдений за деформациями бортов карьера, включающая определение мест заложения станции в плане и специфику наблюдений в зависимости от прогнозного сценария развития оползня.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные научные результаты диссертационной работы отражены в трех научных положениях, выносимых на защиту.

Первое научное положение: *Наблюдения за деформациями прибортового массива следует проводить в потенциально оползнеопасных зонах, которые определяются на основе моделирования деформированного состояния массива горных пород с использованием 3D модели, построенной с контролем характерных точек борта карьера.*

Первое научное положение раскрывается во второй и третьей главах диссертации. Автором для организации мониторинга устойчивости бортов карьеров предлагается модельно-ориентированный подход. Для построения модели карьера рассмотрен метод лазерного сканирования и цифровой фотограмметрии. Обнаружено, что построенные модели содержат артефакты: неправильная ориентация элементов модели (тетраэдров), что при дальнейшем использовании модели при конечно-элементном анализе даст ошибочные результаты. Разработаны алгоритмы поиска неправильного ориентирования и приведения в соответствие элементов конечно-элементной модели карьера. При этом использован весь массив точек для корректирования результатов на основе подмножества характерных точек (бровок карьера) и фотограмметрии по методу наименьших квадратов. Далее эта откорректированная модель использована при моделировании напряженно-деформированного состояния (НДС) прибортового массива и выделении потенциально оползнеопасных зон (ПООЗ). Важно отметить, что при моделировании НДС использован отечественный программный комплекс «НЕДРА», разработанный научным руководителем соискателя (Мустафиным М.Г.). Принята упрощенная модель карьера. Массив пород однородный, но с вариацией модуля упругости пород. Форма карьера пря-

моугольная. При моделировании изменяли высоту, длину и угол откоса карьера.

Методика определения потенциально оползнеопасных зон состоит в выделении по результатам моделирования в прибортовом массиве (на длинной стороне карьера) деформаций растяжения, способствующих смещению пород в сторону карьера. Выполнено около 200 вариантов моделирования, по которым составлена таблица для определения потенциально оползнеопасных зон. Надо заметить, что такой подход не охватывает все случаи, но как инструмент для более обоснованной организации наблюдений в рамках выделения потенциально оползнеопасных зон вполне пригоден. При наличии геологической информации или зафиксированных проявлениях смещений, эти факторы позволят уточнить места заложения наблюдательных станций.

Второе научное положение: *При прогнозной оценке устойчивости бортов карьеров параметр ширины зоны оползня, в дополнении к традиционному подходу, основанному на теории предельного равновесия, целесообразно определять на основе решения плоской задачи теории упругости по условию минимума деформаций сдвига.*

Второе научное положение раскрывается в третьей главе диссертации. Автором на основе расчетом напряженно-деформированного состояния прибортового однородного массива (двумерная задача) выделяются зоны, в которых возникают заколы. Следует отметить, что такой подход более надежно позволяет определить ширину призмы возможного обрушения, так как напряженно-деформированное состояние прибортового массива рассчитывается со своими параметрами, что, безусловно, точнее отражает его деформационный процесс, чем на основе подбора кругло-цилиндрической поверхности. Автор приводит результаты многовариантного моделирования напряженно-деформированного состояния прибортового однородного массива пород карьера при различных углах и высотах откоса. Определение точного места закола проводится по картине распределения деформаций сдвига. Их нулевые значения характеризуют зоны, где формируются площадки отрыва. Следует заметить, что данные расчеты сравниваются с обобщенной нормативной схемой определения призмы возможного обрушения для однородного массива. Сравнение значений по традиционному подходу и по предлагаемой методике в ряде случаев иллюстрирует значительную разницу.

Третье научное положение: *Маркшейдерские наблюдения следует выполнять с учётом трёх разработанных прогнозных сценариев проявления оползня: «сверху-вниз» для крутых откосов, «снизу-вверх» для пологих и «комбинированный», при котором оползень реализуется частично по 1 и 2 сценарию.*

Третье научное положение является обобщением проделанной в ходе исследований работы и раскрывается в третьей и четвертой главах диссертации. Автором проведено многовариантное моделирование на основе решения упругопластических задач. Рассматривался борт карьера с углами откоса от 30° до 90° , прочность пород которого снижалась от устойчивого состояния до его потери. Выявлено 3 сценария возникновения оползня, что наряду с определением параметров потенциально опасной зоны позволило разработать схемы наблюдательных станций за деформациями бортов карьеров.

Защищаемые положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе, в целом обоснованы ссылками на апробированные источники, подтверждены результатами проведенных натурных экспериментов и, несомненно, обладают научной новизной и практической значимостью.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается апробацией результатов исследований на 5-и международных и всероссийских конференциях. Получен Акт о внедрении результатов в производственную деятельность от ООО «НПП «БЕНТА» от 10.03.2025 г.

4. Научные результаты и их ценность

Основными новыми научными результатами, полученными в результате проведения исследований, являются:

1. Алгоритмы уточнения цифровых моделей карьеров по данным лидарных и фотограмметрических съемок, позволяющие упростить и ускорить работу по моделированию открытых горных выработок и использовать модели при анализе напряженно-деформированного состояния массива горных пород;

2. Параметры потенциально оползнеопасных зон, в которых при коэффициенте запаса устойчивости меньше нормативного следует организовать маркшейдерские наблюдения;

3. Параметр ширины призмы оползания на основе моделирования бортов карьеров в плоской постановке задачи упругости;

4. Сценарии оползневого процесса, расширяющие представления об оползнях и позволяющие осуществлять репрезентативные маркшейдерские наблюдения;

5. Технологические схемы маркшейдерских наблюдений с учетом прогнозного сценария проявления оползня.

Исследования, проведенные автором, позволили обосновать оригинальную методику натурных маркшейдерских наблюдений за деформациями бортов карьеров в потенциально оползнеопасных зонах, опирающуюся на геомеханический анализ с выделением сценариев оползневого процесса.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 6 печатных работах, в том числе 2-х статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из *перечня ВАК*), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных и систему цитирования *Scopus*. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы состоит в определении по результатам моделирования напряженно-деформированного состояния прибортового массива сценариев оползневого процесса, что существенно расширяет представления о природе техногенных оползней.

Практическая значимость заключается в разработке методики маркшейдерских наблюдений за деформациями бортов карьеров, включающей их проведение с учетом прогнозного сценария оползня в потенциально оползнеопасной зоне карьера.

6. Рекомендации по использованию результатов

Предлагаемый вариант уточнения цифровых моделей может использоваться при формировании горно-графической документации; при определении

объемов горных работ и при использовании для оценки напряженно-деформированного состояния объектов.

Разработанная методика наблюдений за деформациями может использоваться профильными организациями при планировании и проведении работ по мониторингу устойчивости объектов горной промышленности.

7. Замечания и вопросы по работе

1. Не в полной мере прослеживается связь результатов анализа напряженно-деформированного состояния с маркшейдерским обеспечением.

Не чётко сформулирована *идея работы* – это стержень (ноу-хау) в подходе к выполнению (но не в результатах) работы.

Например, для рассматриваемой диссертации *идею работы* можно сформулировать так: *выделение потенциально оползнеопасных зон на основе анализа напряжённо-деформированного состояния пород для размещения в них реперов наблюдательных станций*.

2. Для моделирования выбран далёкий от реальности массив – однородный, прямоугольной формы. Поэтому непонятно каким образом по предлагаемой методике выделять потенциально оползнеопасные зоны для карьеров круглой или овальной формы в плане? В каком виде эту методику можно применить для реального геологического массива с учетом его структурной неоднородности?

3. Автор критикует круглоцилиндрическую поверхность скольжения, но не приводит информацию о рассматриваемой поверхности скольжения для приведенных сценариев возможного развития оползня.

4. При проведении инструментальных наблюдений нужно понимать, какими критериями оценивать неопасные, опасные и критические деформации. Без этого невозможно оценивать устойчивость бортов карьеров.

5. Автор указывает, что согласно нормативным документам допустимая средняя квадратическая погрешность (СКП) определения смещений не должна превышать 15 мм. Вместе с тем в таблице 4.4 и на рис. 4.14 – 4.18 приводит графики, на которых СКП достигает 45 мм. Во первых, дублируется информация (в таблице и на рисунках); во вторых на графиках следовало отстроить линию допустимой погрешности. В этом случае было бы понятно, до какой глубины карьера можно использовать определенный тахеометр.

6. В таблицах 3.3 – 3.20 непонятно зачем приведен примитивный расчет коэффициента запаса устойчивости. Во первых, все результаты можно было свести в одну таблицу, во вторых, приведены абсурдные единицы измерения: **объемный** вес – тс/м³; вес призмы – кг, непонятно в каких единицах в этом случае получены сдвигающие и удерживающие силы, а на стр. 78 **удельный** вес почему-то приведен в т/м³, вместо Н/м³.

7. В нормативном документе Ростехнадзора (ФНиП «Правила обеспечения устойчивости...», 2022 г.), Правилах обеспечения устойчивости (ВНИИ-МИ, 1998 г.) и других источниках используется термин призма возможного обрушения, почему автор принимает термин призма оползания?

Непонятно, что автор понимает под термином – параметр ширины призмы оползания?

8. Заключение по диссертации

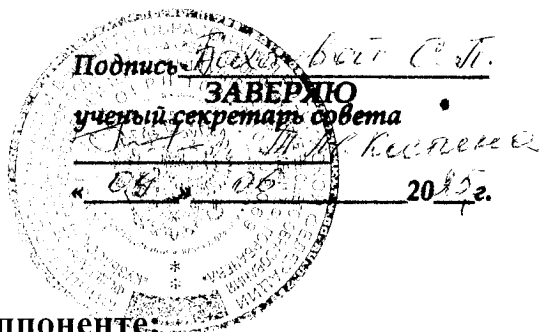
Диссертация «Маркшейдерское обеспечение оценки устойчивости бортов карьеров на основе геомеханического анализа оползневого процесса», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3. Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Валькова Евгения Олеговна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.8.3. Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр.**

Официальный оппонент

Профессор кафедры маркшейдерского дела и геологии горного института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», д.т.н., профессор

Бахарева Светлана Петровна

Вопрос - 09.06.2025



Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Почтовый адрес: 650000, Кемеровская область - Кузбасс, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28

Официальный сайт в сети Интернет: <http://kuzstu.ru/>

Эл. почта: rector@kuzstu.ru; kuzstu@kuzstu.ru

Телефон: +7(3842)396385