

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Кутепова Юрия Ивановича на диссертационную работу Караблина Михаила Михайловича «Прогноз устойчивости откосных сооружений угольных разрезов на основе объемных геолого-геофизических моделей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

### **Актуальность темы диссертации**

Исследованию особенностей строения, состояния и свойств естественных и техногенных массивов горных пород посвящены труды многих отечественных и зарубежных ученых. Однако, несмотря на значительные достижения в данной области, статистика по произошедшим оползневым процессам показывает, что проблема обеспечения устойчивости откосов горнотехнических сооружений угольных разрезов решена не полностью. В частности, известно, что оползневые процессы наиболее часто происходят в массивах песчано-глинистых пород, склонных снижать несущую способность при водонасыщении и разуплотнении. Надежность эксплуатационного состояния откосов горнотехнических сооружений угольных разрезов количественно оценивается коэффициентом запаса устойчивости, величина которого зависит от наличия зон, аномальных по плотности, влажности, прочности и может изменяться в широких пределах вдоль простирания откоса. Прогнозирование положения границ этих зон возможно за счет дополнения результатов геологического изучения, замеров уровней подземных вод и величин порового давления, маркшейдерских съемок данными геофизических исследований с последующим комплексированием в компьютерной модели для циклического поиска оползнеопасного сечения. В связи со вступлением в силу «Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов», регламентирующих необходимость создания геомеханических моделей объектов ведения открытых горных работ, тема диссертационной работы является весьма актуальной.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация содержит введение, 5 глав, заключение, изложена на 144 страницах машинописного текста, содержит 75 рисунков, 22 таблицы, список литературных источников из 109 наименований, 5 приложений.

Введение содержит общую характеристику работы: обоснование ее актуальности; цель, объект, предмет, задачи, методы исследований; идею работы; защищаемые научные положения; научную новизну и научное значение работы, ее практическое применение и реализацию; личный вклад автора в выполнение работы. В заключении приведена формула диссертации и основные выводы. В приложениях представлены: фрагменты исходного кода разработанных компьютерных программ; титульный лист методических указаний по созданию объемных геолого-геофизических моделей бортов угольных разрезов и прогнозу их устойчивости; копия акта, подтверждающего внедрение результатов исследований.

Суть выполненных исследований и полученных при этом результатов изложена в четырех главах, последовательность которых в полной мере соответствует содержанию поставленных задач и отражает логику реализации сформулированной идеи работы.

В первой главе выполнен анализ состояния решения проблемы мониторинга строения, состояния и оценки устойчивости откосных сооружений при открытой геотехнологии, приведены фактические данные по произошедшим оползневым явлениям на угольных разрезах различных регионов.

На основании сделанных выводов автором сформулированы цель, задачи и идея работы, которая заключается в объединении в объемной цифровой модели баз данных маркшейдерско-геодезических измерений, инженерно-геологических изысканий, гидрогеологического мониторинга и геофизических зондирований, разработке на этой основе алгоритмов построения расчетных сечений и автоматизированного поиска наиболее оползнеопасных участков откосного сооружения.

Содержание последующих глав полностью соответствует задачам исследования и последовательно реализует идею работы.

Вторая глава посвящена обоснованию алгоритмов оценки расположения границ оползнеопасных разуплотненных и влагонасыщенных зон при сейсмическом и электрическом зондировании на основе метода адаптивного случайного поиска, а также методики прогноза устойчивости откосных сооружений угольных разрезов на основе объемных цифровых геолого-геофизических моделей, включающего автоматизированный поиск наиболее опасного участка и направления развития оползня.

Третья глава посвящена исследованию изменения устойчивости откосных сооружений естественного сложения в условиях техногенного и естественного водонасыщения, подработки подземными горными выработками на угольных разрезах «Бачатский», «Ангренский», «Кедровский». Обоснованы количественные критерии для установления границ разуплотненных и влагонасыщенных зон по результатам сейсмических и электрических зондирований.

Четвертая глава посвящена исследованию изменения устойчивости откосных сооружений техногенного сложения в условиях деформированного борта в результате оползня дамбы гидроотвала, при отработке намывного массива гидроотвала, отсыпки вскрытых пород на намывное основание на угольных разрезах «Краснобродский» и «Кедровский».

В пятой главе выполнена разработка и дана информация о реализации методики прогноза устойчивости откосных сооружений угольных разрезов на основе объемных геолого-геофизических моделей. Разработанная методика включает маркшейдерско-геодезический мониторинг и инженерно-геологические изыскания на исследуемом участке; комплекс геофизических зондирований, в зависимости от типа откосного сооружения (естественное или техногенное); гидромеханический мониторинг при наличии намывных пород; построение объемной геолого-геофизической модели откосного сооружения на основе обобщения результатов инженерно-геологических изысканий, геофизических зондирований, маркшейдерско-геодезического и гидромеханического мониторинга; определение оползне-

опасных зон и вероятного направления оползня; разработку рекомендаций по безопасному ведению горных работ

Выводы по основным главам являются промежуточным этапом для формирования защищаемых научных положений.

### **Обоснованность и достоверность защищаемых научных положений**

Автором сформулированы четыре научные положения: два – по результатам второй главы, по одному – по результатам третьей и четвертой глав.

Первое научное положение «повышение детализации расположения границ оползнеопасных разуплотненных зон приборового массива обеспечивается по критическим значениям коэффициента сейсмической анизотропии  $K_a > 1,6$ , а изменений мощности рыхлого влагонасыщенного слоя четвертичных отложений – по аномалиям эффективного удельного электросопротивления  $\rho_k > 0,2$  от среднего обеспечивается решением обратных задач геофизического зондирования методом адаптивного случайного поиска» определяет количественные критерии для диагностирования разуплотненных и влагонасыщенных зон по результатам кругового сейсмического зондирования и электропрофилирования соответственно.

Порядок определения коэффициента  $K_a$  пояснен теоретическим расчетом по формулам (2.1) – (2.7), а алгоритм вычисления методом адаптивного случайного поиска – блок-схемой на рис. 2.2. Идея оценки изменений мощности рыхлого влагонасыщенного слоя четвертичных отложений обоснована теоретической моделью, включающей уравнения (2.10) – (2.20), а ее реализация пояснена блок-схемой алгоритма на рис. 2.6.

Достоверность полученных критериальных значений подтверждается результатами, полученными в третьей главе:  $K_a > 1,6$  – сопоставлением экспериментальных значений  $K_a$  с визуальными признаками разуплотнения на рис. 3.9, гистограммой на рис. 3.11 и анализом динамики изменений  $K_a$  на опытном полигоне разреза «Ангренский» в течение 36 мес. (табл. 3.4);  $\rho_k > 0,2 \bar{\rho}_k$  – графиками электропрофилирования на рис. 3.12, 3.13 и гистограммой на рис. 3.14.

Второе научное положение «алгоритм прогноза устойчивости откосных сооружений угольных разрезов на основе объемных геолого-геофизических моделей, включающий построение триангуляции приборового массива, поверхностей ослабленных разуплотненных и влагонасыщенных зон, автоматизированное построение вероятных поверхностей скольжения и расчет коэффициента запаса устойчивости, циклический поиск оползнеопасного участка и направления развития оползня путем перебора множества расчетных сечений через задаваемые величины линейного и углового шагов, обеспечивает повышение точности прогноза на 21,9-25,6%» претендует на новую совокупность действий при прогнозе устойчивости откосных сооружений естественного и техногенного сложения.

Реализуемость разработанного алгоритма, блок-схема которого приведена на рис. 2.16, подтверждается результатами поэлементных исследований основных этапов метода, изложенными в п.п. 2.1-2.3, а также практическими результатами, полученными на опытных участках угольных разрезов и изложенными в главах 3 и 4. Приведенный диапазон повышения точности прогноза обоснован графиками на рис. 4.11-4.13 и данными табл. 4.6-4.7.

Третье научное положение «локальные зоны сдвижения, связанные с подработкой, а также зоны влагонасыщения, вызванные сезонными водопритоками и влиянием гидротехнических сооружений в бортах разрезов естественного сложения диагностируются только методами геофизического зондирования, отражаются с достаточной детальностью на объемных моделях и снижают коэффициент запаса устойчивости более чем в 2 раза» и четвертое научное положение «повышение вероятности оползнеобразования откосных сооружений техногенного происхождения связано с эксплуатацией гидроотвалов при деформировании участков бортов с формированием слоя оползших намывных пород, имеющего сложную форму, а при возведении ограждающих сооружений на намывном основании зависит от уровня избыточного порового давления в диапазоне 0,05-1,0 МПа, что требует кроме геофизического прогноза изменения механических свойств намывного массива вследствие водоотдачи и консолидации обязательного гидромеханического мониторинга» показывают, какие факторы необходимо учитывать в первую очередь при прогнозе устойчивости откосных сооружений естественного и техногенного сложения.

Достоверность научных положений подтверждается значительным объемом проанализированных в диссертации геофизических и геолого-маркшейдерских материалов по оползнеопасным участкам угольных разрезов.

В частности, третье научное положение обосновывается расчетными схемами на рис. 3.5, 3.15, 3.17 и результатами расчета коэффициента запаса устойчивости, приведенными в табл. 3.2, 3.7, 3.10. Четвертое научное положение обосновано расчетными схемами на рис. 4.4., 4.7, 4.8, 4.9 и результатами расчета, приведенными в табл. 4.2, 4.5.

### **Научная новизна работы**

1. Усовершенствованы алгоритмы оценки расположения границ оползнеопасных разуплотненных и влагонасыщенных зон по данным сейсмо- и электропрондирования с использованием метода аддитивного случайного поиска.

2. Теоретически обоснован и экспериментально реализован метод прогноза устойчивости откосных сооружений угольных разрезов на основе объемных цифровых геолого-геофизических моделей, включающий автоматизированный поиск наиболее опасного участка и вероятного направления развития оползня, обеспечивающий принципиальное повышение точности прогноза.

3. Для прибортовых массивов естественного сложения выявлены основные особенности формирования объемных геолого-геофизических моделей с учетом влияния на их устойчивость процессов подработки, локального техногенного и природного влагонасыщения.

4. Для техногенных прибортовых массивов, сформированных при ранее произошедшем деформировании гидроотвалов и при разработке массивов намывных пород установлены основные факторы, определяющие снижение их устойчивости.

### **Личный вклад автора заключается в следующем.**

1. Диссидентом проанализированы, систематизированы и обработаны по оригинальным методикам базы данных инженерно-геологических, маркшейдерско-геодезических изысканий, гидромеханического мониторинга, геофизических зон-

дирований, в том числе, установлены корреляционные зависимости, выполнены прямые и обратные геомеханические расчеты.

2. Теоретически обоснованы, разработаны алгоритмы, программы для ЭВМ по обработке данных геофизических зондирований, формированию триангуляционных моделей, построению вероятных поверхностей скольжения и расчету устойчивости откосных сооружений.

### **Практическая значимость полученных результатов**

1. Основные положения, отражающие практическую реализацию работы изложены в методическом документе «Методические указания по созданию объемных геолого-геофизических моделей бортов угольных разрезов и прогнозу их устойчивости / КузГТУ, ОАО «Кузбассгипрошахт». – Кемерово, 2021. – 31 с.», прошедшем согласование с Сибирским филиалом АО «ВНИМИ» и принятым к использованию ОАО «Кузбассгипрошахт» при проектировании горных работ и СФ АО «ВНИМИ» при выполнении экспертиз заключений.

2. Разработаны методики и программы для ЭВМ, обеспечивающие построение объемных геолого-геофизических моделей и прогноз на их основе устойчивости откосных сооружений (бортов) угольных разрезов естественного и техногенного сложения. Алгоритмы и программные продукты защищены документами на объекты интеллектуальной собственности.

3. В форме проектных решений обоснованы рекомендации по безопасному ведению горных работ на угольных разрезах Сибирского региона и Республики Узбекистан.

### **Завершенность работы, соответствие паспорту заявленной специальности, содержание автореферата и публикаций**

Диссертация имеет логически завершенную структуру, поскольку содержит все признаки законченного исследования: анализ и обобщение материалов литературных источников и технической документации; разработку теоретических моделей и методического обеспечения, адаптированного к поставленным задачам; формирование баз данных, их обработку, анализ и обобщение в виде научных положений; разработку и реализацию практических рекомендаций на действующих угольных разрезах.

Материалы диссертации изложены грамотно, с применением общепринятой научно-технической терминологии, оформлены в соответствии с существующими требованиями.

Диссертационная работа в полной мере соответствует паспорту специальности 25.00.16 – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр (области исследований по п. 4 и п. 10).

Содержание автореферата вполне отражает структуру, содержание, основные положения и рекомендации диссертации.

Все основные результаты диссертации опубликованы в 20 научных работах автора, упомянутых в автореферате, из них 8 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК России, а 3 – в иностранных изданиях, индексированных в

международных базах. Это дает основание полагать, что научная общественность вполне информирована об исследованиях, изложенных в диссертации.

### **Замечания по содержанию и оформлению диссертации**

1. Не вызывает сомнение объективность графика на рис.1.2, где иллюстрируется динамика формирования оползневых процессов по годам, из которого, в частности, следует, что в 2015, 2017, 2019 годах объемы оползневых масс увеличились практически в 100 раз. Однако, объяснение этому дано поверхностно. Большая часть этих процессов связана с гидрогеологией. В частности, 2015 год характеризуется повышенным инфильтрационным питанием. Кроме того, во всех случаях проходящих аварийных событий были отвратительно выполнены инженерно-геологические изыскания без привязки к проектным нагрузкам, структуры массива и пр.

2. Не вполне понятны перспективы реализации общего алгоритма прогноза устойчивости откосных сооружений (бортов) угольных разрезов на основе объемных геолого-геофизических моделей (рис 2.16). Из глав 3 и 4 следует, что этот алгоритм на данном этапе исследований реализован в упрощенном варианте с ручным (неавтоматизированным) перебором расчетных сечений. Выходит, что цель работы достигнута не полностью, а идея осталась гипотетической и сформулирована формально.

3. Нет достаточных пояснений, как получены данные таблицы 3.1 физико-механических характеристик пород четвертичных отложений борта разреза «Бачатский». Указано только, что они получены в результате специальных исследований и обратных расчетов. Это важно потому, что обоснованность расчетных параметров является вторым главным условием выполнения достоверных расчетов устойчивости откосов горнотехнических сооружений.

4. При детальном описании развития оползневых процессов на разрезе «Ангренский» (отмечу попутно, что оппонент данного диссертационного исследования изучал данный оползень в 80-ые годы прошлого столетия, работая во ВНИМИ), включающем графики с динамикой скоростей смещений по оползню «Центральный» (рис.3.7) и расходы дренажных вод (рис.3.8), в дальнейшем (в п.3.2) они не нашли своего отражения.

5. На графиках (рис 4.6) некорректные названия «Графики зависимости прочностных свойств от координат профиля...». Они обычно зависят от вещественного состава пород, нагрузки уплотнения и т.д. Данные графики представлены без каких-либо обоснований и пояснений, а приведена только ссылка на соответствующую публикацию. Следует отметить, что подобный прогноз по данным электроразведки представляет собой отдельную весьма трудную задачу.

6. В табл.5.1 представлены ряд участков угольных разрезов различных регионов, для которых разработаны рекомендации по безопасному ведению горных работ и программы геофизических исследований, представляющие собой элементы объемных геолого-геофизических моделей и предложенной методики прогноза, однако сами объемные модели оползнеопасных участков не были разработаны. Возможно, данные объекты являются предметом дальнейших исследований автора. Хотелось бы также увидеть сопоставления результатов геофизических и инженер-

но-геологических исследований, к примеру, консистенции пород и удельного сопротивления или сцепления пород и удельного сопротивления и пр.

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают научного значения и практической ценности полученных автором результатов.

### **Заключение о соответствии диссертации установленным требованиям и критериям**

Анализ материалов диссертации Кааблина М.М. показал, что она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи по прогнозу устойчивости откосных сооружений угольных разрезов на основе объемных геолого-геофизических моделей.

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-методическом уровне, имеет научное значение и практическую ценность, ее содержание полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней».

На основании изложенного считаю, что автор диссертации Кааблин Михаил Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

#### **Официальный оппонент**

профессор по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»,

доктор технических наук по специальности 05.05.15 – «Рудничная геология»  
Кутепов Юрий Иванович

199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2,

Телефон: 8 (812) 328-84-40, E-mail: Kutepov\_YuI@pers.spmi.ru

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

заведующий научно-исследовательской лабораторией гидрогеологии и экологии научного центра геомеханики и проблем горного производства

Я, Кутепов Юрий Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

  
**Кутепов Юрий Иванович**

