

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Дудко Константина Львовича «Совершенствование метода прогноза удароопасности на железорудных месторождениях Сибири с учетом геологического строения массива на основе электропрофилирования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

1. Актуальность избранной темы работы и ее цель

Актуальность темы диссертации определяется проблемой повышения достоверности прогноза удароопасности горных пород методами электрометрии на железорудных месторождениях Сибири. Данное направление непосредственно связано с необходимостью повышения качества информационного обеспечения безопасности ведения горных работ и обусловлено снижением точности прогноза горных ударов при переходе горных работ на глубокие горизонты. Причиной такого снижения является значительное повышение горного давления в условиях сложного геологического строения, наличия вертикальных контактов различных пород, а также разноориентированных систем трещин, приводящих к увеличению вероятности динамических проявлений горного давления. Указанную проблему автор предлагает решать на основе принятия во внимание геологического строения массива, в частности, за счет учёта количества вертикальных породных слоёв и замены их множества одним эквивалентным при определении электрометрического коэффициента степени удароопасности массива, что определяет цель работы.

Тема исследования и содержание работы соответствуют паспорту специальности 25.00.16 – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр.

2. Анализ содержания диссертации, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 7 приложений, изложена на 112 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка, 17 таблиц, список литературных источников из 130 наименований.

Диссертация построена по классическому принципу, включает теоретические и экспериментальные исследования, а также обоснование практических рекомендаций для их применения при оценке удароопасности массивов в условиях месторождений Горной Шории.

Во введении рассмотрены актуальность темы, цель и идея диссертации, основные научные положения, выносимые на защиту, методы исследований, отмечены научная новизна, практическая значимость и реализация полученных результатов, приведены данные по апробации и публикациям автора.

Первая глава содержит аналитический обзор состояния проблем прогноза удароопасности на железорудных месторождениях Сибири. Отмечена склонность к удароопасности ряда месторождений, а также высокая сейсмическая активность областей, в которых они расположены. Проанализированы наиболее существенные причины формирования условий возникновения динамических явлений в массиве горных пород, а также методы, методики и критерии оценки удароопасности. Отмечена роль электрометрических наблюдений кажущегося удельного электрического сопротивления (КУЭС). Показано, что на участках измерений распределение этого информативного параметра носит сложный характер из-за существенной неоднородности исследуемой геологической структуры, что должно быть учтено при интерпретации результатов измерений. Проведенный анализ позволил сформулировать цели и задачи исследования.

Во второй главе рассмотрены теоретические предпосылки учета геологического строения массива горных пород при интерпретации результатов электрометрических измерений в крутопадающих слоистых средах, характерных для месторождений Горной Шории. Автор базирует свои выкладки на хорошо зарекомендовавших себя методах расчета применительно к конкретной задаче исследований КУЭС одиночного контакта между породами различных типов, одиночного пласта и группы сближенных пластов. Отдельный раздел посвящен определению среднего кажущегося электросопротивления слоистого массива по профилю измерений, что дало возможность упрощения расчетов при обработке данных и интерпретации результатов.

Результаты, полученные во второй главе, послужили основанием для формулировки *первого научного положения*, касающегося особенностей электропрофилей, обусловленных геологическим строением рудных массивов в виде крутопадающих породных слоёв. Автором показано, что для таких массивов характерно отклонение среднеарифметического по профилю КУЭС от

эквивалентного на 15-25%, а распределение КУЭС вдоль этих профилей определяется мощностью, составом слоёв и их электрической контрастностью.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию влияния на КУЭС пород вариаций напряженного состояния, влагонасыщения и температуры пород. Для этого были проведены лабораторные исследования, а также были взяты результаты натурных наблюдений за водопритоками и среднемесячными, минимальными и максимальными значениями температур на Таштагольском руднике с 2004 по 2011 годы. На основании такого анализа установлено, что изменение КУЭС данных типов пород составляет от 11 до 80%, сезонные вариации водопритоков и температуры не оказывают существенного влияния на электрические свойства пород, а токи смещения существенно не влияют на результаты подземного электропрофилирования и электрозондирования.

Эти результаты отражены во *втором научном положении*, в котором говорится о незначительности сезонных изменений водопритоков и температуры в выработках, а также влажности и температуры вмещающих пород на величину КУЭС.

Четвертая глава обобщает итоги предыдущих двух и посвящена совершенствованию электрометрического метода прогноза удароопасности на рудниках. Этот метод рассматривается в качестве базового для проведения, как регионального, так и локального прогнозов горных ударов и степени удароопасности массива горных пород. Электрометрические измерения проводятся методами подземного электропрофилирования (ПЭП) и электрозондирования (ПЭЗ). В этой главе уточняется техника электрометрических измерений для ПЭП и ПЭЗ и предлагается методика определения электрометрического коэффициента удароопасности с учетом геологического строения массива. Предлагается определять степень удароопасности массива по параметру K^{**} , вычисляемому через эквивалентное удельное электрическое сопротивление с учётом геологической информации по слоистому строению измерительного профиля. На основе этого параметра автор предлагает электрометрические критерии удароопасности массива на Таштагольском месторождении, описываемые определенными границами значений K^{**} во взаимосвязи с качественными характеристиками удароопасности. На основе анализа данных натурных наблюдений с 2011 по 2016 гг произведено ретроспективное сравнение результатов прогноза удароопасности, устанавливаемых с помощью используемого ранее параметра K^* и предлагаемого K^{**} . Показано, что использование последнего

приводит к повышению достоверности прогноза до 80%. Для удобства практического применения автором разработана программа для ЭВМ. Она позволяет рассчитывать кажущееся удельное электрическое сопротивление группы слоев, а также прогнозировать ожидаемые динамические проявления горного давления по критерию K^{**} . Программа прошла государственную регистрацию, что подтверждается соответствующим свидетельством.

Результаты четвертой главы нашли отражение в *третьем научном положении*, основным в котором является утверждение, что электрометрический коэффициент удароопасности должен определяться с учетом мощности и КУЭС каждого слоя измерительного профиля.

В заключении сформулированы основные результаты, выводы и практические рекомендации по диссертации.

Полученные результаты могут рассматриваться как дополнение и развитие к уже существующим методам и методикам оценки удароопасности массивов горных пород методами электрометрии. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций доказаны в достаточной степени.

3. Научная новизна результатов

Новизна результатов заключается в обосновании методов учета влияния геологического строения породных массивов вертикальной структуры на распределение их кажущегося удельного электросопротивления и в установлении закономерностей и диапазонов изменения удельного электрического сопротивления горных пород при их нагружении до момента разрушения.

4. Значимость результатов для науки и практики

Теоретическая значимость результатов диссертации заключается в расширении знаний о поведении УЭС руды и вмещающих пород при их нагружении до момента разрушения и о влиянии геологического строения вмещающих пород с вертикальным залеганием слоев на распределение кажущегося электросопротивления пород вдоль измерительного профиля в подземной выработке.

Значимость результатов исследований *для практики* заключается в составлении «Методических указаний по определению степени удароопасности массива электрометрическим методом на Таштагольском железорудном месторождении», переданных на Таштагольскую шахту филиала «Евразруда –

филиала АО «ЕВРАЗ ЗСМК», и в разработке программы для ЭВМ «Автоматизированная система по прогнозу удароопасности по результатам подземного электропрофилирования», прошедшей государственную регистрацию.

5. Публикации, отражающие основное содержание диссертационной работы, апробация результатов

По теме диссертации опубликовано десять научных работ, из них пять в изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты исследований в необходимых объемах докладывались на российских и международных научных конференциях. Публикации в полной мере раскрывают основное содержание диссертационной работы. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

6. Замечания

1. При рассмотрении распределения КУЭС в окрестностях плоского вертикального контакта двух сред в 2.1.1 (стр. 38 и далее) автор ссылается на методику, изложенную в учебнике «Матвеев, Б. К. Электроразведка.– Москва: Недра, 1990. – 368 с.» на стр. 179–188. Следует заметить, что там рассмотрено поле источника, расположенного на поверхности Земли, а для устранения влияния верхнего воздушного полупространства оно заменяется на зеркально отображаемую нижнюю часть модели. Это дает возможность использовать осесимметричную постановку задачи. В то же время при измерениях из выработок такую замену делать либо нельзя, либо она должна быть более тщательно обоснована ввиду несимметричности геометрии при проведении измерений на контуре обнажения. Следует учесть наличие выработки, а также ее отличие от полуплоскости при электрометрических измерениях на поверхности. Распространение токов происходит не только от поверхности вглубь массива, но и вокруг выработки, линии тока имеют специфическую форму, что в корне меняет подход к задаче и результаты расчетов. Автору следовало бы в большей степени обосновать расчетную модель и упрощения, вносимые при постановке задачи.

2. На стр. 59 автор говорит об использовании 2-х электродной схемы измерений для слабопроводящих пород, а 4-х электродной – для высокопроводящих. Следовало бы для определенности уточнить границу между электросопротивлениями этих типов пород, влияющую на выбор схемы измерений.

3. На наш взгляд, объяснения на стр. 60 и 61 о случайных величинах избыточны, их можно было бы не приводить в силу известности.

4. В таблице 3.2 на стр. 64 приведены функциональные зависимости от носительного УЭС. Следовало бы помимо корреляционного отношения привести также данные по среднеквадратическому отклонению полученных регрессионных зависимостей для оценки точности расчета УЭС по приложенному напряжению σ .

5. На стр. 66, 3 строчка сверху, словосочетание «каждый кислород» не совсем удачное, следовало бы употребить «каждый ион кислорода».

6. На стр. 68 опечатка, вместо «1012-1014», должно быть « 10^{12} - 10^{14} ».

7. Автору в больше степени следовало бы обосновать необходимость оценки вклада токов смещения на частоте 4,88 Гц, рассматриваемого на стр. 71, был ли смысл рассматривать их? Такие оценки имеют в большей степени академическое, чем практическое значение. В практике электроразведки на реальных объектах измерения на этой частоте считаются эквивалентными измерениям на постоянном токе. Следовало бы больше внимания уделить обоснованию формулы (3.13), выведенной для синусоидального тока, т. к. в генераторах электроразведочной аппаратуры (например, «ERA MAX») импульсы тока имеют прямоугольную форму и обладают широким спектром.

8. Данные таблицы 4.2 «Результаты сопоставления электрометрических коэффициентов K^* и K^{**} » на стр. 86 желательно было бы представить в виде графиков с указанием вида проявлений горного давления. Это позволило бы более наглядно оценить преимущество предлагаемого параметра по сравнению с используемым.

9. Следовало бы пояснить, почему первое слагаемое в знаменателе в формуле (2.35) вынесено за скобки? Оно могло бы быть внесено в общую сумму.

10. На стр. 83 опечатка в формуле (4.8), должно быть не «е», а «ε». Следовало бы также привести численные значения параметров, входящих в эту формулу при расчете значений эффективной глубины проникновения тока, в частности, удельного сопротивления. Его изменение приводит к значительным вариациям рассчитанного скин-слоя. Какие значения подставлялись – по измерениям в образцах или в массиве?

Приведенные выше замечания носят частный или рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

7. Заключение

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором экспериментальных и теоретических исследований содержится решение актуальной научной задачи определения критериальных значений параметров удароопасности с учетом влияния внешних и структурных факторов, включающее оценку влияния геологического строения массива с измерительным профилем в выработках на распределение кажущегося удельного электрического сопротивления (КУЭС), что способствует повышению достоверности прогноза, безопасности ведения подземных горных работ, снижению материальных и трудовых затрат, и, в целом, имеет значение для совершенствования способов и средств освоения недр Земли.

Диссертация соответствует п. 9 Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней, а ее автор, Дудко Константин Львович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»



Вознесенский Александр Сергеевич

24.12.2020

119991, г. Москва, Ленинский проспект, 4, НИТУ «МИСиС», Горный институт (МГИ), кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля (ФизГео).

Тел.: 8 (499) 230-25-93 (каф.), +7-910-409-94-93 (моб.)

E-mail: al48@mail.ru.

Я, Вознесенский Александр Сергеевич, автор отзыва, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Вознесенский Александр Сергеевич

24.12.2020

Подписи официального оппонента, доктора технических наук, профессора кафедры физических процессов горного производства НИТУ «МИСиС» А.С. Вознесенского удостоверяю.

Проректор по науке и инновациям НИТУ «МИСиС»



М.Р. Филонов