

ОТЗЫВ

официального оппонента Хмелинина Алексея Павловича на диссертационную работу Соколова Сергея Владиславовича «Разработка метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных», 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

Прогноз наличия дизъюнктивных нарушений, оказывающих существенное влияние на геомеханическое состояние углепородного массива, является принципиальной задачей, возникающей в ходе планирования проходческих и добывающих работ. Очевидно, что для успешного планирования требуется достоверная и своевременная геологическая информация. По своим характеристикам сейсморазведка методом общей глубинной точки способна обеспечить получение данных о наличии и параметрах разрывных нарушений с горизонтов залегания разрабатываемых угольных пластов. При этом сопутствующими ограничивающими факторами для регистрации качественных данных являются обязательные особенности функционирования шахты: сложный рельеф поверхности, наличие технологических и естественных объектов в границах лицензионных отводов, наличие волновых помех от действующих машин и механизмов. Следовательно, для определения наличия и параметров разрывных нарушений в пределах выемочных участков угледобывающего предприятия на основе сейсморазведочной информации требуется формирование новых решений, обеспечивающих достоверность оценки регистрируемых волновых данных. С учетом вышеперечисленного кандидатская диссертация Соколова С.В. «Разработка метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных» является актуальной для современной горной промышленности.

Содержание диссертации

Кандидатская диссертация соискателя Соколова С.В. изложена на 193 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав, заключения.

Во введении раскрыта актуальность, цель, объект, предмет, идея работы, задачи, методы исследований, защищаемые научные положения, научная новизна, подтверждение обоснованности и достоверности научных результатов. Также приведены: личный вклад соискателя, научное значение работы, отличие от ранее выполненных работ, практическая ценность работы. Представлена реализация и апробация работы.

В первой главе соискателем выполнен анализ состояния и направления развития современной сейсмической разведки полезных ископаемых. В рамках проведенного анализа обоснована актуальность исследований по

регистрации дизъюнктивных нарушений. Оценена возможность применения для этого методов и средств инженерной и нефтегазовой сейсморазведки в условиях угольных месторождений. Изучен опыт выполнения сейсморазведочных исследований геологических сред с использованием дополнительных параметров сейсмического сигнала, помимо скоростных. Также оценен опыт применения сейсмических измерений для оценки состояния угольных пластов.

На основе выполненного анализа соискателем сформированы выводы по главе, цель и задачи исследования. В соответствии с выделенными целью и задачами выстроены последующие главы диссертационной работы.

Вторая глава описывает совершенствование подхода к регистрации сигнала в сейсмических исследованиях шахтного поля с осложненными условиями его дневной поверхности. Для этого рассмотрены три типа ситуаций, наблюдаемых в пределах горного отвода угледобывающего предприятия, различающихся различным сочетанием протяженности поверхности с нормальными и ограниченными условиями. Предложены основы подбора параметров схемы сейсмических наблюдения для представленных ситуаций. Из совокупности инженерного и нефтегазового оборудования осуществлен подбор сейсморазведочной аппаратуры, подходящей для выполнения подобных измерений. С учетом изменения параметров сейсмического сигнала в пределах регистрируемых областей разрывных нарушений в массиве горных пород подобрано отвечающее ему геологическое соотношение между амплитудой геологического нарушения и областью его влияния.

Сформулированы основные выводы, в целом отвечающие характеру работ, выполненных диссертантом в рамках реализации главы 2.

Третья глава посвящена разработке метода интерпретации данных сейсморазведки шахтных полей на основе нейросетевого анализа. В начале главы соискателем сделано предположение о том, что нейросетевой анализ обеспечивает возможность оперирования большими массивами информации при динамическом анализе сейсморазведочной информации и является подходящим инструментом для решения задачи прогнозирования дизъюнктивных нарушений. Для сокращения комплекса действий по подготовке исходной сейсморазведочной информации к анализу адаптирован подход, заключающийся в оценке формы сигналов, для которых определяется спектральный состав, в зависимости от изменений трещиноватости исследуемого образца. Выполненная адаптация обеспечила возможность выделения на графиках спектральной плотности значений для расчета параметра, обозначенного как J , отражающего наличие или отсутствие разрывного нарушения в анализируемой выборке данных. На основе эмпирического тестирования нейронных сетей с различными параметрами осуществлен выбор каскадной нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки для описания углепородного

массива, вмещающего дизъюнктивное нарушение. Представлены теоретические основы разработанного метода прогнозирования нарушений в виде алгоритмов и методических рекомендаций.

Сформулированы основные выводы, в целом отвечающие характеру работ, выполненных диссертантом в рамках реализации главы 3.

В четвертой главе представлено применение метода регистрации дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа. Описан процесс определения параметров схемы измерений и регистрации сейсморазведочных данных в пределах поверхности лицензионного отвода действующего угледобывающего предприятия, характеризующегося сложным рельефом. Показаны результаты камеральной обработки данных с использованием стандартных инструментов и на основе разработанного метода. Выполнено сопоставление полученных значений. Оценены преимущества метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных. Представлены подтверждения результатов применения разработанного метода.

Сформулированы основные выводы, в целом отвечающие характеру работ, выполненных диссертантом в рамках реализации главы 4.

В заключении представлены основные научные и практические результаты исследований, выполненных соискателем.

Обоснованность и достоверность защищаемых научных положений

По результатам исследований, выполненных соискателем в главах 2-4 сформулированы три научных положения.

Первое научное положение. Применение оригинального подхода к регистрации отраженных волн, основанного на компенсации недостатка кратности сигнала (< 24) его накоплением в условиях ограниченных участков поверхности горного отвода угольной шахты обеспечивает обнаружение дефектов структуры массива горных пород на основе регистрации изменений видимой частоты, максимального значения амплитуды и отношения сигнала/шум в диапазоне от 24 до 89%.

Данное научное положение обосновано результатами анализа изменения динамических характеристик в области дизъюнктивного нарушения, по результатам которого отмечены снижения уровня значений видимой частоты в диапазоне 24-45% от среднего уровня; максимального значения амплитуды - 40-89%; отношения сигнал/шум - 45-67%.

Второе научное положение. Использование каскадной нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки позволяет определить положение разрывного нарушения в угольном пласте и оценить его амплитуду в точке подсечения с погрешностью относительно результатов структурной интерпретации не более 8%.

Данное научное положение обосновано путем сопоставления расчетных данных, полученных по результатам работы каскадной нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки, выбранной на основе эмпирического тестирования и данных, определенных на основе структурной интерпретации. При этом расхождение между ними не превысило 8%.

Третье научное положение. Применение разработанного метода прогноза дизъюнктивных нарушений угольного пласта обеспечивает сокращение на 69% ресурса времени на обработку сейсмических данных на основе применения процедур нейросетевого анализа и быстрого преобразования Фурье.

Третье научное положение подтверждено в ходе аprobации разработанного прогнозирования дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных. Для полученных в ходе аprobации данных дополнительно выполнена структурная интерпретация на основе стандартных методик. В результате сравнения временных затрат на камеральные работы установлено, что для интерпретации с использованием нейросетевого анализа требуется 31% от ресурса времени, израсходованного на структурную интерпретацию.

Научная новизна работы заключается в: выявлении дефектов структуры углепородного массива в пределах ограниченных участков поверхности горного отвода угольной шахты с использованием динамических параметров сейсмического сигнала с низкой номинальной кратностью; применении каскадной нейронной сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки в интерпретации данных сейсморазведки ОГТ для прогноза дизъюнктивных нарушений угольного пласта; обосновании применения метода прогноза разрывных геологических нарушений для оперативного определения их параметров при эксплуатационной разведке действующих выемочных участков.

Научная новизна в диссертационной работе подтверждена в ходе оценки актуальности исследования, постановки задач, а также обзора источников, описывающих опыт выполнения сейсморазведочных исследований геологических сред, в том числе с использованием средств нейросетевого анализа.

Личный вклад автора заключается в: анализе и обобщении результатов известных теоретических и экспериментальных исследований в области сейсмической разведки полезных ископаемых, постановке и выполнении задач данного исследования, в обосновании, разработке и формулировке положений диссертационной работы; развитии подхода к выполнению сейсмической разведки в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях действующих угледобывающих предприятий на основе регистрации динамических параметров сейсмических данных с низкой номинальной кратностью; разработке и реализации способа интерпретации

сейсморазведочных данных на основе применения нейросетевого анализа для выявления дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве; разработке метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа данных и быстрого преобразования Фурье; проведении полевых сейсмических исследований шахтных полей и обработке экспериментальных данных.

Обозначенный вклад в целом подтверждается содержанием диссертации, в материалах которой просматривается компетентность соискателя в перечисленных составляющих исследования.

Практическая значимость полученных результатов состоит: в обеспечении возможности получения массива сейсмической информации для оценки параметров дизъюнктивных нарушений в сложных природных и технологических условиях поверхности шахтного поля на различных стадиях их разработки; в снижении затрат ресурсов и времени на обработку полевых данных для определения параметров разрывных нарушений угольного пласта.

С учетом существующей проблематики выявления незапланированных разрывных нарушений, затронутой при оценке актуальности задачи, решаемой в диссертации, выделенная практическая значимость свидетельствует о потенциальной пользе применения результатов исследований в рамках планирования горных работ угледобывающих предприятий.

Соответствие паспорту заявленной специальности, завершенность работы

Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук соответствует паспорту специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» по пункту 10.

Диссертационная работа имеет просматривающуюся логически завершенную структуру. Суть диссертации последовательно раскрыта в четырех ее главах. В работе продемонстрированы вклад автора, степень новизны и ее практическая значимость. Изученные материалы диссертации изложены грамотно, в соответствии с общепринятой научной терминологией.

Содержание автореферата и публикации

Содержание автореферата отражает структуру, выводы и основные положения кандидатской диссертации соискателя - Соколова С.В.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 19 печатных работах. Из них 5 – опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 5 – в изданиях, индексированных в международных базах Web of Science, Scopus. Имеющееся количество публикаций можно считать достаточным для информирования

научной общественности и специалистов горного профиля об основных исследованиях, представленных в диссертационной работе.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации

В качестве замечаний по диссертационной работе на соискание ученой степени кандидата наук можно отметить следующее:

1. Во 2 главе, в ходе подбора структуры и параметров основного и вспомогательного оборудования рассматривалось отдельное оборудование зарубежного производства. Несмотря на сделанный в итоге выбор в пользу отечественного оборудования, необходимо отметить, что в нынешних условиях применение иностранного оборудования теряет свою актуальность. При этом, изготавливаемое российское оборудование, находится на высоком технологическом уровне, обеспечивающем решение широкого спектра задач сейсморазведки.

2. Во 2 главе, в рамках представления отношения сместителя дизъюнктивного нарушения и области его влияния, представлено выражение (2.26), определенное для условий Кузбасса. Тем не менее, далее в тексте диссертации, расчет амплитуды нарушения выполняется с учетом общего отношения. Возможно, применение выражения (2.26) обеспечило бы повышение достоверности результатов интерпретации на основе нейросетевого анализа.

3. В 3 главе для верификации наличия разрывных нарушений выполнена адаптация специализированного подхода, используемого специалистами Института угля ФИЦ УУХ СО РАН в рамках разработки модели, описывающей образцы каменного угля, вмещающего систему трещин. Непонятно, почему был адаптирован именно этот подход, применяемый для решения геологических задач несколько иного спектра.

4. В 3 главе, при наличии графических алгоритмов метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений и описания совокупности действий, послуживших основой для методических рекомендаций, представленных в приложении 3, листинг действий представляется избыточным.

5. В 4 главе подтверждение результатов прогнозирования дизъюнктивного нарушения представлено фактическими данными, полученными на удалении от области регистрации геологического нарушения около 90 м. Более достоверным было бы представление данных непосредственно из области осуществления прогноза.

Сформированные замечания не снижают общую положительную оценку представленной соискателем работы.

Заключение о соответствии диссертации установленным требованиям и критериям

Диссертационная работа «Разработка метода прогнозирования дизъюнктивных нарушений в углепородном массиве на основе нейросетевого анализа сейсморазведочных данных» выполнена на высоком научном уровне, имеет научное значение, обладает безусловной практической ценностью. Выполненный анализ представленных материалов диссертации, показал, что она является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ». Ее автор – Соколов Сергей Владиславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Официальный оппонент

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

Хмелинин Алексей Павлович

630091, г. Новосибирск, Красный пр. 54

Телефон: +7(383) 205-30-30, доб. 100

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии
наук (ИГД СО РАН), директор

Я, Хмелинин Алексей Павлович, даю согласие на включение своих
персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного
совета и их дальнейшую обработку.


24.05.2022

Хмелинин Алексей Павлович

Подпись канд. техн. наук А.П. Хмелинина удостоверяю:

Ученый секретарь ИГД СО РАН, к.т.н.


К.А. Коваленко

24.05.2022