

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зайцева Михаила Геннадьевича «Обоснование и разработка метода контроля строения и состояния приконтурного массива горных пород на основе совместных акустических и оптических измерений в скважинах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Работа Зайцева М. Г. посвящена разработке и экспериментальной проверке метода оптико-акустического контроля строения и состояния приконтурного массива горных пород в скважинах. Актуальность исследования обусловлена тем, что современные горнодобывающие предприятия активно осваивают глубокие горизонты и сложные геологические условия, где классические геофизические методы часто дают только качественную информацию, требуют длительной подготовки образцов и не обеспечивают оперативности мониторинга, необходимой для предотвращения техногенных катастроф. В этой связи идея комплексирования высокопроизводительного оптического сканирования стенок скважины и выборочного ультразвукового прозвучивания поперечными волнами с управляемым вектором поляризации выглядит убедительно и перспективно, поскольку позволяет сочетать быстроту и бесконтактность оптики с высоким содержанием количественной информации, присущей акустике.

Автор выборочно создал коллекцию образцов пород различного генотипа и четырёх уровней шероховатости R_a (10–200 мкм), провёл серию дискретных оптических измерений, показав, что помехи от цвета минерала и шероховатости не превышают 30 %, тогда как проход зонда над трещиной вызывает снижение сигнала более чем на 70 %. Для автоматизации интерпретации оптических каротажных кривых был разработан алгоритм взвешенных наименьших квадратов, в котором весовые коэффициенты назначаются обратно пропорционально ширине пиков измерений. Этот подход позволил снизить относительную погрешность оценки углов падения и простирания трещин до 5 % при малых раскрытиях порядка 1 мм. Параллельно автор продемонстрировал возможность цветового различения пород с помощью RGB-светодиода и расчёта барицентра полярных диаграмм отражённого света, что открывает путь к учёту литологических помех при дальнейшей акустической интерпретации.

Второй крупный блок работы посвящён ультразвуковым исследованиям на сухих образцах. Изменяя давление прижима преобразователей от 0 до 2,5 атм, автор показал, что увеличение шероховатости поверхности приводит к существенным потерям энергии сигнала и сужению спектра за счёт уменьшения площади контакта «преобразователь–порода», а повышение прижима частично компенсирует эти потери за счёт смятия неровностей. Это даёт основание для применения динамических параметров УЗ-импульсов даже в условиях «сухого» контакта, где традиционные измерения скоростей продольных волн теряют чувствительность к сомкнутым трещинам.

Важной частью исследования стало внедрение управляемой поляризации поперечных волн: автор экспериментально подтвердил, что максимальные изменения амплитуды поперечных волн наблюдаются при ориентации вектора поляризации ортогонально плоскости трещины или напластования. На трёх типах образцов (изотропный гранит, слоистый кварцит, гипс и образец с магистральной трещиной) и при разных углах

φ между вектором поляризации и образцом он зафиксировал чёткую зависимость амплитудной диаграммы $AS(\varphi)$, что позволяет оценить угол падения структурных неоднородностей непосредственно по акустическим данным.

Для подтверждения работоспособности концепции был изготовлен опытный образец комплексного каротажного зонда и физическая модель скважины диаметром 76 мм с двумя трещинами (одна заполнена глиной, другая — воздухом) и участком повышенной шероховатости. Макетные испытания продемонстрировали, что зонд способен выявлять зоны аномальной шероховатости по коэффициенту вариации оптического сигнала, различать заполненные и пустые трещины по сочетанию оптических и акустических изменений интенсивности и амплитуды поперечных волн, а также определять ориентацию трещины по диаграмме $AS(\varphi)/AS_{\min}$. Такой селективный подход, когда трудоёмкое ультразвуковое прозвучивание выполняется только в аномальных зонах, выделенных оптикой, позволяет существенно сократить время и стоимость полевых работ без потери качества диагностики.

Практическая значимость разработки подтверждается внедрением методики «Структурной диагностики пород вблизи горных выработок с использованием комплексного оптико-акустического каротажа» в ООО «Газпром геотехнологии» и публикациями в ведущих профильных журналах. Работа сочетается с обширным теоретическим анализом, лабораторными экспериментами и макетными испытаниями, что делает её завершённым и готовым к промышленному применению научным исследованием.

По тексту автореферата есть ряд замечаний и уточняющих вопросов:

1) Чем обусловлен выбор угла между осью светодиода и поверхностью сканирования при определении интенсивности отраженного света I ?

2) В тексте автореферата не приведены результаты влияния наличия воды на поверхности при оптическом сканировании поверхности образцов горных пород. Проводились ли такие исследования?

3) Каким образом проводилось центрирование измерительного модуля в скважине? Учитывалась ли не соосность измерительного модуля и оси скважины при определении ориентации трещины?

4) Каким образом исключалось влияние продольных волн при прозвучивании через трещину и построении диаграмм $AS(\varphi)/AS_{\min}$ при точечном контакте?

5) Возможно, стоило бы внести в лабораторную модель дефекты, соответствующие вывалам на боковой поверхности скважины и оценить поведение оптического метода при таких условиях.

Приведенные выше вопросы и замечания **не снижают** общую положительную оценку работы.

Считаю, что диссертационная работа Зайцева Михаила Геннадьевича «Обоснование и разработка метода контроля строения и состояния приконтурного массива горных пород на основе совместных акустических и оптических измерений в скважинах» полностью соответствует требованиям паспорта специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр», а также критериям, установленным п.2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС». Соискателю Зайцеву Михаилу Геннадьевичу может быть присвоена степень кандидата технических наук

по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Кандидат технических наук,
заведующий лабораторией
испытаний конструкций
ООО «НИЦ Тоннельной
ассоциации



Красилов Максим Николаевич
«20» мая 2025 г.

Я, Красилов Максим Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись Красилова Максима Николаевича заверяю

Главный бухгалтер
ООО «НИЦ Тоннельной
ассоциации



Кобзева Елена Анатольевна

Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-инженерный центр Тоннельной ассоциации»

Телефон: +7 (977) 853-72-73

E-mail: fizgeoass@mail.ru

129344, г. Москва, ул. Енисейская, д. 7, стр. 4, комн. 10.