

ОТЗЫВ

официального оппонента Александрова Павла Николаевича

на диссертационную работу Ласкиной Татьяны Андреевны «Разработка технологии комплексного электрометрического мониторинга в условиях соляных месторождений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Изучение и прогноз опасных геодинамических процессов, несомненно, являются важной и актуальной задачей. В частности, мониторинг и прогноз развития карстовых процессов в условиях соляных месторождений необходим для повышения безопасности ведения горных работ, а также другой деятельности людей на территории действующих и затопленных рудников. При этом прогнозная оценка развития этих процессов и формирования их последствий является сложной задачей, требующей учета большого количества различных факторов, связанных с особенностями изучаемых процессов и геологического строения территории, техногенными условиями, чувствительностью геофизических методов к изменению физического состояния пород при протекании изучаемых процессов, а также разрешающей способностью методов и др. Развитие геофизических технологий для повышения их информативности в этом направлении является основной целью выполненных соискателем исследований.

Общий объем рецензируемой работы составляет 130 страниц, включая 55 иллюстраций и список литературы отечественных и зарубежных авторов из 145 наименований. Она состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во **введении** соискателем раскрывается актуальность, поставленные цели и задачи, научная новизна и практическая значимость работы, личный вклад в проведение научно-исследовательских работ, практическая апробация результатов.

В **первой главе** рассмотрены особенности изучаемых современных геодинамических процессов в условиях соляных месторождений и приведен краткий анализ опыта применения геофизических методов для их мониторинга и прогноза.

В ходе исследований соискателем проанализированы физические характеристики соляных пород, динамика развития процессов, особенности их проявления в различных геофизических полях и возможные их последствия с учетом результатов работ отечественных и зарубежных ученых.

Основные результаты проведенных исследований и защищаемые положения раскрываются и обосновываются в следующих четырех главах.

Во **второй главе** приводится обоснование информативности методов электрометрии в условиях соляных месторождений на основе анализа их чувствительности к вариациям параметров, сопровождающих развитие соляного карста (изменение пористости, влагонасыщенности и газосодержания пород, а также минерализации подземных вод).

Далее на основе анализа петрофизических характеристик соляных пород и отложений надсоляной толщи, а также общих представлений о развитии исследуемых процессов и их динамике на разных стадиях сформированы общие принципы технологии комплексного электрометрического мониторинга, включающей три основных этапа.

В **третьей** главе излагаются результаты исследований, направленных на создание модификаций низкочастотного электромагнитного зондирования, наиболее оптимальных для мониторинга физического состояния соляной части разреза.

Автор приводит анализ основных ограничений существующих методов при исследованиях в условиях урбанизированных территорий и результаты развития трех модификаций электромагнитного зондирования, направленных на адаптацию методов низкочастотного электромагнитного зондирования для решения поставленной задачи на основе развития их методического и аппаратурно-программного обеспечения. Одна из них основана на использовании интегрального электромагнитного поля, содержащего одновременно три основных частоты и набор их гармоник, что позволяет ускорить процесс полевой съемки. Вторая модификация, на основе промышленного электромагнитного поля, может быть использована в комбинации с первой или в качестве самостоятельного подхода. В целом, использование промышленного поля связано с множеством вопросов и ограничений, но на основе анализа данных численного моделирования, информации об источниках и заверочных экспериментальных исследований в ряде случаев обоснована эффективность его применения с целью повышения оперативности полевых работ. Третьей разработанной модификацией является наземно-подземное зондирование с использованием интегрального электромагнитного поля, позволяющее повысить детальность исследования водозащитной толщи.

По ходу изучения материала на данном этапе появился ряд небольших замечаний. Во-первых, в работе отмечается некоторая неоднозначность использования терминов «метод» и «модификация». Разработанные технологии интегрального многочастотного зондирования и наземно-подземного зондирования лучше отнести к модификациям метода частотного зондирования. Во-вторых, в случае наземно-подземного зондирования не приведен анализ нормальных полей заземленной питающей линии и петли, а также оценка их соответствия условиям дальней или промежуточной зоны в пределах профиля измерений. В-третьих, при интерпретации данных электромагнитных зондирований автором применяются качественные и эмпирические приемы. При этом обоснование данного подхода приведено недостаточно развернуто.

В целом, приведенные в третьей главе результаты исследований на основе численного моделирования и широкого спектра экспериментальных полевых работ в достаточной мере раскрывают и доказывают содержание второго защищаемого положения.

В **четвертой** главе рассматривается формирование и обоснование оптимальной методики электрических зондирований для мониторинга физического состояния надсоляной толщи разреза.

Исследования, направленные на адаптацию методов электрического зондирования для решения данной задачи в условиях урбанизированной территории, привели к формированию комбинированной установки на основе методов групповых зондирований (с возможностью использования инверсионной установки) и срединного градиента. Эта модификация упрощает выполнение полевых наблюдений и повышает оперативность съемки при исследовании интервала глубин порядка первых сотен метров в данных условиях.

Стационарные мониторинговые системы на основе предложенной модификации электрических зондирований обеспечивают необходимую детальность во времени и безопасность выполнения полевых работ.

Если обратиться к замечаниям, то я отметил бы следующее. В главе предлагается интегральный параметр для анализа мониторинговых данных – динамическая активность, при этом в работе не приведен анализ информативности данного параметра на основе экспериментальных данных.

В целом, материалы исследований, представленные в четвертой главе, достаточно полно обосновывают и заверяют третье защищаемое положение.

В **пятой главе** выполнен анализ опыта практического применения разработанной технологии, на основании которого сформированы прогнозные геоэлектрические модели исследуемых процессов.

Приведенные результаты применения разработанной технологии комплексного электрометрического мониторинга показывают особенности проявления современных геодинамических процессов в условиях соляных месторождений в используемых электромагнитных полях и заверяют информативность данного подхода. Сформированные прогнозные физико-динамические модели способствуют повышению достоверности определения стадии развития процесса соляного карста на исследуемой территории.

Первое защищаемое положение является обобщающим и, в целом, достаточно логично и полно раскрывается и доказывается в тексте работы.

В **заключении** соискателем в обобщенном виде приводятся наиболее важные результаты проведенных исследований и излагаются пути дальнейшего развития этого направления.

Диссертация имеет довольно сложную структуру, обусловленную комплексным подходом к формированию технологии электрометрического мониторинга и развитием каждого из применяемых методов.

В итоге анализа диссертации, автореферата и публикаций соискателя по теме диссертации я пришел к следующим заключениям:

1. Представленная работа логично и содержательно раскрывает реализацию поставленных целей и задач. Основные ее результаты достаточно полно раскрыты в автореферате и опубликованных работах соискателя, среди которых четыре статьи в реферируемых журналах, включенных в перечень ВАК, и две в изданиях, включенных в международную систему цитирования Scopus, а также два патента на изобретения и одно свидетельство о регистрации программы. Результаты исследований докладывались на научных конференциях и семинарах. Высказанные по ходу рассмотрения диссертации замечания не снижают ее теоретической и практической значимости.

2. Каждое из защищаемых положений является результатом проведения оригинальных экспериментальных исследований. Наиболее весомая значимость работы определяется тем, что предложена новая технология комплексного электрометрического мониторинга, адаптированная к особенностям соляных месторождений и современных геодинамических процессов в их пределах, что позволяет повысить информативность и оперативность исследований.

3. Обоснованность научных положений подтверждается анализом экспериментальных исследований и зафиксированных оседаний земной поверхности и провальных образований. Приведенные примеры применения разработанной технологии показывают перспективность ее

использования для повышения достоверности прогноза опасных геологических процессов в условиях соляных месторождений.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Т.А. Ласкиной удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Главный научный сотрудник Центра
геоэлектромагнитных исследований
Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта,
доктор физико-математических наук
по специальности 04.00.12 - Геофизические
методы поиска и разведки месторождений
полезных ископаемых
Александров Павел Николаевич



10 января 2019 г.



142190, г. Москва, г. Троицк, а/я30, ЦГЭМИ ИФЗ РАН, тел. 89161114962,
alexandr@igemi.troitsk.ru