

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.087.02 (Д 003.068.03),
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука
Сибирского отделения Российской академии наук,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.10.2021 № 03/13

О присуждении Балкову Евгению Вячеславовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Программно-алгоритмическое и аппаратное обеспечение малоглубинного электромагнитного профилирования, зондирования и электротомографии» по специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» принята к защите 30 июня 2021 г. (протокол заседания N 03/08) диссертационным советом 24.1.087.02 (Д 003.068.03), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, д. 3, полномочия совета установлены приказом Минобрнауки России от 03.06.2021 № 561/нк), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Соискатель Балков Евгений Вячеславович, 17 апреля 1979 года рождения, защитил в 2008 году диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Программно-алгоритмические средства для задач малоглубинной геоэлектрики» в диссертационном совете Д 003.068.03, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, работает старшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории электромагнитных полей
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института

нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты: Дашевский Юлий Александрович, доктор физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (соответствует специальности 1.6.9 – «геофизика» действующей номенклатуры), ФГАОУ ВО «Новосибирский государственный исследовательский университет», кафедра геофизики Геолого-геофизического факультета, профессор; **Ефремов Владимир Николаевич**, доктор технических наук по специальности 25.00.08 – «инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» (соответствует специальности 1.6.7 «инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» действующей номенклатуры), ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатории инженерной геокриологии, ведущий научный сотрудник; **Модин Игорь Николаевич**, доктор технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (соответствует специальности 1.6.9 – «геофизика» действующей номенклатуры), ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра геофизики Геологического факультета, профессор, - **дали положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном Глинским Борисом Михайловичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником лаборатории суперкомпьютерного моделирования, ученым секретарем, канд. физ.-мат. наук Вшивковой Людмилой Витальевной, утвержденном директором института Михаилом Александровичем Марченко, доктором физико-математических наук, профессором РАН, указала, что в диссертационной работе Е.В. Балкова изложены новые научно обоснованные технические, технологические и программные решения по созданию технологии изучения сложно-построенной геологической среды в диапазоне глубин до 100 м. Результаты работы представляют значительный интерес как для развития

электромагнитных и электрических методов исследования малых глубин, так и для практики геофизического исследования в смежных областях знания, поскольку обеспечивают повышение оперативности, разрешающей способности и достоверности определения удельного электрического сопротивления.

Соискатель имеет более 80 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для публикации результатов диссертации, **19 работ (13 публикаций** в ведущих рецензируемых отечественных журналах из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы результаты диссертаций («Геология и геофизика», «Геофизика», «Геофизические исследования», «Инженерные изыскания», «Геоинформатика», «Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии»), **два патента** на изобретение, **четыре свидетельства** на программы для ЭВМ). Общий объем публикаций более 500 страниц, авторский вклад соискателя составляет около 40%. Соискатель принимал участие во всех этапах подготовки публикаций (постановка задач, разработка и программная реализация физико-математического аппарата для численного моделирования; проектирование, разработка и тестирование программного обеспечения с графическим интерфейсом; численное и физическое моделирование, полевой эксперимент; проектирование и прототипирование аппаратуры; анализ результатов моделирования, комплексная интерпретация и верификация полученных данных, написание текста статей и подготовка графического материала). Сведения, представленные соискателем об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные публикации:

1. **Балков Е.В.** Управление аппаратурой частотного электромагнитного зондирования с помощью карманного компьютера / Е.В. Балков, А.А. Адайкин // Геоинформатика. – 2008. – № 4. – С. 33–38.
2. **Балков Е.В.** Технология малоглубинного частотного зондирования / Е.В. Балков // Геофизика. – 2011а. – № 6. – С. 42–47.
3. Опыт применения электротомографии в геофизике / **Е.В. Балков**, Г.Л. Панин, Ю.А. Манштейн [и др.] // Геофизика. – 2012. – № 6. – С. 54–63.
4. Результаты применения малоглубинного электромагнитного профилирования на электрометрическом полигоне Института нефтегазовой геологии и геофизики СО

- РАН / **Е.В. Балков**,..., Ю.Г. Карин [и др.] // Геофизические исследования. – 2013. – Т. 14, № 3. – С.55–63.
5. Мультидисциплинарные археолого-геофизические исследования в Западной Сибири / М.И. Эпов, ..., **Е.В. Балков** [и др.] // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 3. – С.603–614.
6. Об оценке экологического ущерба по данным электроразведки / Ю.А. Манштейн, **Е.В. Балков** [и др.] // Инженерные изыскания. – 2016. – № 4. – С. 34–37.
7. Новый подход к малоглубинным электромагнитным зондированиям / **Е.В. Балков** [и др.] // Геология и геофизика. – 2017. – № 5. – С. 783–792.
8. Способ и устройство для индукционного частотного зондирования: пат. 2502092 Российская Федерация, МПК G01V 3/10 (2006.01) / А.К. Манштейн, **Е.В. Балков**; заявитель и патентообладатель ИНГГ СО РАН – № 2011132460/28; заявл. 01.08.2011; – опубл. 20.12.2013, Бюл. № 35. – 7 с.
9. **Балков Е.В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ ISystem / Е.В. Балков // Св-во о регистр. progr. № 2009615822; RU; № 2009614709, заявл. 27.08.2009, опубл. 20.10.2009а.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ SibER Tools / **Е.В. Балков**, Ю.А. Манштейн, Г.Л. Панин [и др.] // Св-во о регистр. progr. № 2015612489; RU; № 2014663966, заявл. 29.12.2014, опубл. 19.02.2015.

На диссертацию и автореферат поступили 9 отзывов (включая отзывы официальных оппонентов и ведущей организации), все положительные, в 6 из них имеются замечания, касающиеся: формулировок объекта исследования и защищаемых научных результатов (д.ф.-м.н. Дашевский Ю.А., д.т.н. Модин И.Н., д.т.н. Нерадовский Л.Г.); характеристик разрабатываемых в диссертации и аналогичных им электроразведочных приборов (д.т.н. Глинский Б.М., д.т.н. Ефремов В.Н., д.т.н. Тайлаков О.В.); параметров, возможностей и интерфейса разрабатываемого программного обеспечения, а также операционных систем, под управлением которых оно функционирует (д.т.н. Глинский Б.М., д.т.н. Модин И.Н., д.т.н. Тайлаков О.В.); методики применения разрабатываемых программно-аппаратурных комплексов и способов интерпретации результатов измерения (д.ф.-м.н. Дашевский Ю.А., д.т.н. Нерадовский Л.Г.), содержания отдельных иллюстраций (д.т.н. Модин И.Н., д.т.н. Нерадовский Л.Г.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим: **Юлий Александрович Дашевский**, доктор физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», профессор, является высококвалифицированным специалистом в области методов решения прямых и обратных задач наземной и скважинной геоэлектрики, имеет публикации по тематике диссертации соискателя; **Владимир Николаевич Ефремов**, доктор технических наук по специальности 25.00.08 – «инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», является высококвалифицированным специалистом в области теории и практики электромагнитного зондирования, комплексного применения геофизических методов при изучении криолитозоны, имеет публикации по тематике диссертации соискателя; **Игорь Николаевич Модин**, доктор технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», профессор, является высококвалифицированным специалистом в области малоглубинной геофизики, ее теоретических основах и практическом применении в инженерных, экологических, технических, археологических изысканиях, при поиске полезных ископаемых и геотехническом обследовании промышленных объектов, имеет публикации по тематике диссертации соискателя; в составе **ведущей организации ФГБУН ИВМиМГ СО РАН** работает лаборатория суперкомпьютерного моделирования, специалисты которой проводят научные исследования по развитию математического и программного инструментария для математического моделирования, обработки и интерпретации геофизических полей, способны определить научную и практическую ценность диссертации, имеют публикации по тематике диссертации соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **разработан, теоретически и экспериментально обоснован** программно-алгоритмический комплекс для проектирования систем наблюдения, управления аппаратурой, обработки, визуализации и интерпретации данных методов малоглубинного электромагнитного профилирования, зондирования и электротомографии, позволивший повысить точность и эффективность обработки данных, разрешающую способность методов; **разработан, теоретически и экспериментально обоснован** оригинальный способ и устройство для аппаратуры

малоглубинного радиально-частотного зондирования, расширяющие диапазон применимости методов индукционного зондирования; предложена компактная моноблочная конструкция, повышающая надежность и эргономику аппаратуры для электротомографии; **доказана** на практике эффективность комплексного применения электромагнитного профилирования для оперативного обследования среды и электротомографии для детального исследования геоэлектрических аномалий, расширяющее применимость методов для решения задач инженерной геофизики, экологии и археологии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что численным и физическим экспериментом доказана осуществимость частотного зондирования компактным портативным зондом, исследованы его ограничения; показано расширение границ применимости индукционного зондирования за счет использования оригинального способа радиально-частотного зондирования; проведена модернизация традиционных способов трансформации регистрируемых сигналов электромагнитного профилирования, обеспечивающих более точные значения удельного электрического сопротивления.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается масштабным внедрением результатов, полученных соискателем. Так программно-алгоритмические разработки, описанные в диссертации, используются при калибровке, управлении, обработке и интерпретации данных в серийно выпускаемых аппаратурно-программных комплексах ЭМС и Скала-48. На настоящий момент более 100 комплектов аппаратурно-программного комплекса ЭМС и более 70 Скала-48 используется производственными и научно-исследовательскими организациями в России и за рубежом. Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение в составе аппаратурно-программных комплексов ЭМС и Скала-48 применяется в учебном процессе и полевой геофизической практике на геолого-геофизическом факультете в Новосибирском государственном университете. Разработанная технология комплексного применения ЭМС и Скала-48 успешно апробирована при решении практических задач по поиску мест скопления микросфер на территории золоотвала Томь-Усинской ГРЭС (Кемеровская область), оценке объемов загрязнения промышленными захоронениями пестицидов территории вблизи с. Юргинское (Тюменская область), поиску и

детальному исследованию археологических объектов памятника Венгерovo-2 (Новосибирская область).

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что: развитый в исследовании математический аппарат и полученные формулы соответствуют результатам известных авторов (А.А. Кауфмана, Г.М. Морозовой), полученным с помощью альтернативных подходов; программные реализации расчетных алгоритмов верифицированы сопоставлением с программами других авторов (М.И. Эпова, В.П. Соколова, А.Е. Каминского); эффективность применения и корректность результатов разработанного программно-алгоритмического обеспечения для обработки, интерпретации и визуализации данных аппаратуры ЭМС и Скала-48 подтверждены при сопоставлении с известной зарубежной аппаратурой электромагнитного профилирования (EM31, Канада) и электротомографии (Iris Syscal, Франция) на одних и тех же объектах; программно-алгоритмические и аппаратурные разработки соискателя прошли успешное тестирование на известных объектах электрометрического полигона ИНГГ СО РАН.

Личный вклад соискателя состоит в: разработке, обосновании алгоритмов и их программных реализаций для калибровки, управления, экспресс-обработки, одномерной инверсии и визуализации для аппаратуры малоглубинного электромагнитного профилирования и зондирования ЭМС; разработке, обосновании нового способа и устройства для малоглубинного радиально-частотного зондирования; разработке, внедрению в производство эффективной моноблочной приборной конструкции и программно-алгоритмического обеспечения с возможностью подготовки протоколов измерения, анализа, обработки и визуализации данных для аппаратуры электротомографии Скала-48; успешной практической апробации комплексного применения электромагнитного профилирования для оперативного обследования среды и электротомографии для детального исследования геоэлектрических аномалий.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания членами совета: 1. Как можно убедиться в оригинальности программных разработок и сравнить их возможности со сторонним программным обеспечением? (Селезнев В.С.) 2. Имеется ли возможность расширения нижней части частотного диапазона аппаратуры ЭМС по сравнению с американской разработкой GEM-2?

(Кулаков И.Ю.) 3. Какая устойчивость калибровки аппаратуры во времени? (Грузнов В.М.) 4. Какая должна быть достигнута величина компенсации прямого поля для выполнения инверсии? (Глинских В.Н.) 5. При решении обратных задач для слоистой среды каким образом решается проблема неединственности? (Митрофанов Г.М.) 6. Проводилось ли сравнение методов частотного зондирования и электротомографии на одних и тех же объектах, как соотносятся их результаты? (Плоткин В.В.) 7. Построение псевдоразрезов с отнесением значений сопротивления к толщине скинслоя плоской волны не совсем корректно в силу отличия реальных моделей источника и среды. (Эпов М.И.)

Соискатель Балков Евгений Вячеславович согласился с рядом замечаний, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: 1. В диссертации приведен обзор возможностей разработанного программного обеспечения и указаны ссылки на ресурсы, раскрывающие возможности сторонних программ. 2. Возможность расширения частотного диапазона аппаратуры ЭМС существует, однако использование частот ниже 1 кГц не оправдано в силу низкого, практически не измеримого уровня сигнала. 3. Калибровка коэффициентов измерительного тракта дает устойчивые результаты, не изменяющиеся в процессе эксплуатации аппаратуры. Определяемые при калибровке нули аппаратуры требуют периодичной, ежегодной проверки и уточнения. 4. Достигаемого в диссертационном исследовании уровня компенсации прямого поля в 500 раз достаточно для проведения инверсии данных. 5. Проблема неединственности при решении обратных задач для слоистой среды решается фиксацией границ или величины удельного электрического сопротивления, определяемых по априорной информации. 6. Успешное сопоставление результатов методов частотного зондирования и электротомографии проводилось на объектах, характеризующихся контрастным, проводящим геоэлектрическим разрезом. Уровень сопротивлений и горизонтальные неоднородности, проявляющиеся в данных обоих методов хорошо сопоставимы. Количественную интерпретацию результатов по глубине следует проводить по данным метода электротомографии. 7. Псевдоразрезы частотного зондирования служат для экспресс-оценки распределения сопротивления и не могут быть использованы для прямой количественной интерпретации.

На заседании 21 октября 2021 г. диссертационный совет принял решение: за

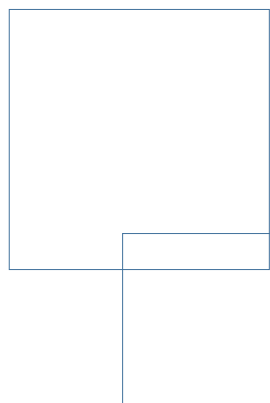
разработку новых научно обоснованных технических, технологических и программных решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие малоглубинных методов электроразведки, присудить Балкову Евгению Вячеславовичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов технических наук, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 18, против - 1, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета,
д.т.н., академик РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.г.-м.н., доцент

21.10.2021



М.И. Эпов

Н.Н. Неведрова