



«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор ИМГиГ ДВО РАН,  
доктор физ.-мат.наук,  
Богомолов Л.М.  
« 25 » января 2017 г.

М.П.

## ОТЗЫВ

**ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук в диссертационный совет Д 212.121.07 на диссертационную работу Бобровского Вадима Сергеевича на тему «Программно-аппаратные средства сети геоэлектрических измерений для изучения локальных и глобальных эффектов, предваряющих сильные землетрясения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Диссертационная работа Бобровского В.С. посвящена организации и функционированию систем регистрации геоэлектрических нестационарных сигналов для комплексного многопараметрического мониторинга в сейсмоопасных регионах. В работе анализируются особенности вариаций вертикального геоэлектрического поля для выделения нестационарных геодформационных и связанных с ними геоэлектрических процессов на границе тектоносфера-атмосфера. Эти вариации могут проявляться (в частности на Камчатке) на интервале оперативного 30 суточного упреждения сильных землетрясений. Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ). Результаты исследования имеют практический характер применительно к высокосейсмичному Камчатскому региону, в котором автор целенаправленно проводит исследования с 2001г. и несомненно востребованы МЧС по Камчатскому краю. За это время на территории Камчатки (Корякское нагорье) произошло 20 апреля 2006 г. сильное землетрясение М7.6 с катастрофическими последствиями. О возможности такого события автор докладывал на совещании «Снижение сейсмических рисков в Курило-Камчатской зоне» 07 декабря 2005 г. в Петропавловске-Камчатском, проводившемся Министерством ЧС РФ (Москва), Российским экспертным советом по прогнозу землетрясений (Москва) и Институтом теории прогноза РАН (г.Москва). Результаты научного исследования в виде пополняемого архива данных территориально-распределенной сети и анализа нестационарных электрических сигналов, предшествующих сильным землетрясениям применялись в 2007-2014гг. при выполнении проекта глобального сеймопрогнозного мониторинга с участием ученых и специалистов Научного центра оперативного мониторинга Земли, Московского государственного университета, частично поддержанного РФФИ. В 2014-2016гг. результаты научной работы применены ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» при выполнении государственного контракта №14.577.21.0109 от 22 сентября 2014 г. ПНИ «Разработка сети комплексного геофизического мониторинга для прогноза экстремальных природных процессов» (шифр 2014-14-579-0057-015) в рамках Федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы".

Тема диссертации имеет непосредственное отношение к деятельности Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, который представлен в программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы работами по исследованию природных катастроф с использованием средств исследования поверхности и недр Земли с помощью инфраструктуры пространственных данных и алгоритмов обработки данных мониторинга геофизических процессов. На основе анализа данных геофизического наблюдения исследуются предвестники сильных землетрясений. Это свидетельствует о степени компетентности и соответствии научной деятельности ведущей организации.

Полный объем диссертации Бобровского В.С. составляет 198 страниц машинописного текста и содержит 151 рисунок и 35 таблиц. Список использованной литературы состоит из 138 наименований.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

В диссертации обращено внимание на практически неисследованные аспекты геофизики, а именно взаимосвязь между процессами подготовки землетрясений и появлением аномальных геоэлектрических сигналов в пунктах, отстоящих от очага будущего землетрясения на сотни и даже тысячи километров. Эта часть общей проблемы исследования геоэлектрических явлений и их аномалий была как бы отложена, основное внимание уделялось вариациям геофизических полей в ближней зоне вокруг очага, так как это традиционный способ построения и уточнения физических моделей очага землетрясения. К тому же аппаратура предыдущего поколения, методы обработки и интерпретации данных геоэлектрики, да и объем собранных материалов не позволяли рассматривать вышеупомянутые глобальные взаимосвязи с принятой в сейсмологии и геофизике степенью статистической достоверности. В этой ситуации очевидна актуальность нового подхода к вопросам по теме диссертации на основе применения оригинальных измерительных систем. В работе получены актуальные результаты, относящиеся к оперативным (в интервале времени до одного месяца) и краткосрочным (до одного года) прогнозам землетрясений. В настоящее время статистика конкретно сформулированных краткосрочных прогнозов крайне мала, и каждый убедительный пример таких прогнозов способствует продвижению к решению этой проблемы.

### **НАУЧНАЯ НОВИЗНА**

Научная новизна определяется разработкой и внедрением программно-аппаратного комплекса для регистрации нестационарных геоэлектрических сигналов, отражающих сейсмическую активизацию на интервале оперативного предупреждения 30 суток. Научной новизной обладают все предложенные в диссертации методы (например, авторский многопараметрический подход), основанные на сейсмоглобальной концепции, и позволяющие изучать различные аспекта процессов подготовки сильных землетрясений. Результаты, полученные соискателем, дали новое подтверждение, что подготовка наиболее сильных землетрясений с магнитудой  $M \geq 8$  является планетарным геодинамическим процессом, и его проявления могут быть обнаружены вне зависимости от расстояния между станцией и гипоцентром события. Эти результаты открывают перспективы для уплотнения сети станций с комплексированием временных рядов геоэлектрического мониторинга с другими данными, в первую очередь данными сейсмического мониторинга. Также новым следует считать подход к выделению сильнейших землетрясений с  $M \geq 8$ , которые подпадают под сейсмоглобальную концепцию (по крайней мере гипотетически), среди событий меньших магнитуд, реализующих региональный геодинамический процесс.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ**

Разработанные методические подходы и их практическая реализация имеют

прикладной характер и могут использоваться при построении сетей сбора геофизических данных всех масштабных уровней (от глобального до локального). Основные положения, результаты и выводы диссертационного исследования представляют интерес для совершенствования организации комплексного геоэлектрического и сейсмического мониторинга сейсмоопасных регионов. Материалы диссертации могут использоваться как обоснование для применения в других регионах разработанных программно-аппаратных средств автоматизированного сбора геоэлектрических данных. В частности, перспективно использование новых технических решений в проводимых в ИМГиГ ДВО РАН исследованиях закономерностей геодеформационных и сейсмических процессов в Сахалино-Курильском регионе как основы прогноза землетрясений.

Таким образом, научно-практическая значимость результатов диссертационной работы Бобровского В.С несомненна.

### **ОРИГИНАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА**

Бобровский В.С. разработал информационно-измерительную систему сети геоэлектрических измерений, не имеющую аналогов в практике геоэлектрического мониторинга территорий с сейсмической опасностью. По инициативе соискателя организовано международное научное сотрудничество, в котором участвует целый ряд российских и итальянских университетов. Благодаря этому геоэлектрический мониторинг реализован на огромной территории континента Евразия от п-ва Камчатка до Италии с контролем процессов в земной коре на участках общей площадью ~1.4 млн. кв. км. Автор разработал критерий выявления нестационарных (резко изменяющихся по амплитуде) геоэлектрических сигналов. Выделенные нестационарные сигналы во временных рядах геоэлектрического мониторинга в диссертационной работе эффективно использованы для идентификации моментов времени в связи с возникновением сильных землетрясений на интервале оперативного предупреждения 30 суток. Благодаря этому обнаружен новый геофизический эффект – резкое изменение коэффициентов парной медианной корреляции между рядами измерений на локальной станции геоэлектрических измерений. Характер вариаций нестационарных геоэлектрических сигналов на сети станций перед глобальными сильными землетрясениями с  $M \geq 8$  не зависит от расстояния между станцией наблюдения до эпицентра землетрясения. Тем самым продемонстрирована применимость сейсмоглобальной концепции для таких сильнейших землетрясений.

Полученные временные ряды геоэлектрического мониторинга были обработаны методом Фурье-агрегированных сигналов, что позволило выделить синхронность (коррелированность) сигналов в каждом пункте регистрации, и синхронность поведения с данными сети широкополосных сейсмических станций (F-net на Японских о-вах). Автором предложена интерпретация глобального всплеска когерентности, который наблюдался на сети геоэлектрических измерений в северном полушарии, как отклика на подготовку мантийного Охотоморского землетрясения 24 мая 2013г.

### **ПУБЛИКАЦИИ**

Основными публикациями соискателя по теме исследования следует считать следующие статьи в журналах из перечня ВАК и обобщение (научную монографию):

1. **Bobrovskiy V.S.** The results of subterranean electric measurements on Kamchatka as global effects of proton tectogenesis: damaging earthquakes in Indonesia and China, in Recent Progress on Earthquake Geology, P. Guarnieri, Ed. Nova Science Publishers, – 2011, – P.189-248. (cited in Scopus).

2. Любушин А.А., **Бобровский В.С.**, Шопин С.А. Опыт комплексирования глобальных геофизических наблюдений // Геодинамика и Тектонофизика. – 2016. –Т. 7(1). – С.1-21. DOI:10.5800/GT-2016-7-1-0194

3. **Бобровский В.С.** Распределенная сеть электрических измерений в приповерхностных грунтах и некоторые полученные результаты // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – №7. – С. 129-138.

4. **Бобровский В.С.**, Кузнецов Д.А. Сейсмоглобальная концепция на примере сильнейших землетрясений с магнитудой  $M \geq 8$ , произошедших в 2001-2015 гг. – М.: Научный мир, 2016. – 272 с. ISBN: 978-5-915224-26-0.

В публикациях по диссертации полностью освещены материалы проведенного исследования и полученные результаты.

## **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Диссертационная работа Бобровского В.С. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во *введении* описаны предпосылки выбора темы диссертации и обоснована цель анализа. Сформулированы поставленные перед диссертантом задачи, описана научная новизна исследования и актуальность выбранной темы, а также практическая значимость поставленных результатов.

*Первая глава* представляет собой обзорную часть диссертации, в которой приведены наиболее часто используемые на практике методы регистрации геопотенциалов электрического поля и методов электрического зондирования. Дана краткая характеристика метода Д.А.Кузнецова, выбранного диссертантом для развертывания сети геоэлектрического мониторинга. В завершении первой главы формулируются обоснование и постановка задач исследования.

Во *второй главе* предложена схема информационно-измерительной системы (ИИС) в Евразии. Что очень важно, используется уже существующая сертифицированная аппаратура регистрации сигналов. Разработана архитектура ИИС и схема информационного взаимодействия операционного центра, осуществляющего постоянный сбор и анализ получаемых данных в режиме времени, близком к реальному. Предложенная схема информационной структуры единого центра является основным источником данных о регистрируемых нестационарных геоэлектрических сигналах. В завершении второй главы обзорно представлены результаты формулирования краткосрочного регионального на Камчатке прогноза сильного с магнитудой  $M7+$  землетрясения зимой-весной 2006г., а также краткосрочного регионального на Камчатке прогноза сильного с магнитудой  $M7+$  землетрясения зимой-весной 2016г.

Материал первой и второй глав позволили обосновать **защищаемое положение**, что им разработаны “программно-аппаратные средства регистрации нестационарных геоэлектрических процессов с помощью многоэлектродной системы...”

В *третьей и четвертой главах* представлены результаты исследования временных рядов многоэлектродных систем. Программная реализации сбора данных с геоэлектрических станций позволяет, применять автоматический алгоритм идентификации сигналов-предвестников, заключающийся в поиске моментов времени, связанных со всплесками коэффициентов парной корреляции между различными каналами станции геоэлектрических измерений. С помощью этой системы осуществлен совместный анализ данных геоэлектрических измерений и данных сейсмических наблюдений для целей оперативного анализа сейсмической активизации. Изложенный в главах 3 и 4 материал обосновывает следующие **защищаемые результаты**:

- Существование эффекта резкого изменения медианы коэффициента корреляции пар каналов геоэлектрических измерений на многоэлектродной станции в северной части Тихоокеанской плиты в период с сильными землетрясениями  $M7+$  (в январе 2016 г);
- Возникновение нестационарных геоэлектрических сигналов, предшествующих событиям глобальной сейсмичности с магнитудой  $M8$  и более.

- Статистически значимый эффект синхронизации геоэлектрических и сейсмических данных, и его проявления на временном интервале подготовки мантийного Охотоморского М8.3 землетрясения 24 мая 2013 г.

### **ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ**

По содержанию диссертационной работы имеются некоторые замечания, являющиеся в определенном смысле продолжением ее достоинств

- Название диссертации лишь частично отражает результаты проведенного исследования. Полученные результаты как бы переросли первоначальный замысел вынести на защиту разработанные и внедренные в практику «Программно-аппаратные средства сети геоэлектрических измерений...». Для соискания ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 не обязательно делать такой упор на измерительные средства. Результаты, связанные с оценками георисков, также соответствуют паспорту специальности 25.00.10 (технические науки)

- Не уделено должного внимания описанию геоэлектрических сигналов перед землетрясениями с магнитудой меньше 8, но происходящими на относительно небольших расстояниях от пункта наблюдений. Из-за этого осталось неясным, доказано ли отсутствие геоэлектрических аномалий перед такими событиями, к примеру, с магнитудами М7+, что весьма важно с точки зрения статистики ложных тревог при предсказаниях событий с  $M \geq 8$ . Или же просто недостаточно данных для достоверного заключения об отсутствии или наличии аномалий в случае событий с магнитудами М7+.

- Замечание, тесно связанное с предыдущим, - для обоснования широкого внедрения новых программно-аппаратных средств измерений важно сравнить полученные результаты с подходами других работ. В частности, представляет интерес сопоставление результатов диссертации с близкими по тематике работами авторов из ИКИР ДВО РАН (Камчатский край), в которых также отмечены взаимосвязи геоэлектрических и других аномалий и вариаций сейсмичности. По Камчатским материалам защищен ряд диссертаций, для сравнения результатов в представленной диссертации было бы целесообразно расширить библиографию по смежным вопросам поисков прогнозных геофизических вариаций.

- После изложения результатов, свидетельствующих об определенном продвижении в решении проблемы краткосрочных прогнозов, интерпретации на основе предшествующих работ, например, концепции сеймотектоногенеза Л.Н. Дода, ряда гипотез из работ Пулинца С.А. и др. уже не добавляют убедительности. Эти работы содержат гипотетические или дискуссионные аспекты, их роль для данной диссертации, пожалуй, преувеличена.

Замечания не влияют на оценку квалификационного уровня и значимости диссертационного исследования, они могут быть преодолены в дальнейших работах соискателя. Диссертация Бобровского Вадима Сергеевича является законченным научно-квалификационным исследованием, посвященным актуальной теме развития новых подходов к проблеме прогноза сильных землетрясений на основе совершенствования методов сейсмического мониторинга. В диссертации представлены результаты, полученные соискателем лично, и обладающие научной новизной и практической значимостью. Защищаемые положения в достаточной степени обоснованы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Бобровского Вадима Сергеевича «Программно-аппаратные средства сети геоэлектрических измерений для изучения локальных и глобальных эффектов, предвещающих сильные землетрясения» отвечает требованиям Положения о порядке присуждения научным и научно-педагогическим работникам ученых степеней, а её автор заслуживает присвоения искомой учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных

ископаемых.

«Я, Каменев Павел Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку».

Должность: старший научный сотрудник лаборатории сейсмологии, кандидат технических наук

Адрес: 693022, г.Южно-Сахалинск, ул. Науки 1Б, Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук

Подпись

 П.А.Каменев

Отзыв рассмотрен и обсужден на заседании секции «Геофизика и геодинамика» Ученого совета Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, 25.01.2017 г, протокол №1, и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Подпись заверяю

Ученый секретарь Института,  
кандидат физико-математических наук



А.С. Закупин