

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **Бобровского Вадима Сергеевича**

«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»

В диссертационной работе В.С. Бобровского рассматриваются вопросы автоматизации мониторинга нестационарных геоэлектрических сигналов в приповерхностных слоях горных пород и развитие подходов к совместному анализу данных в задачах прогнозирования землетрясений.

Актуальность диссертационной работы не вызывает сомнения. Рассмотрение вопросов автоматизации мониторинга различных параметров в сейсмоопасных районах является актуальным с точки зрения создания сетей инструментальных наблюдений, анализируемых в реальном времени. В этой связи цель диссертационного исследования, заключающаяся в исследовании возможности комплексной интерпретации данных о нестационарных геоэлектрических процессах с данными глобального геофизического мониторинга (сейсмические наблюдения), следует считать научно значимой. Архив данных, собранный за 15 лет постоянного мониторинга, является уникальным материалом, позволяющим проводить фундаментальные геофизические исследования.

Содержание диссертации

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.

Введение диссертации состоит из 8 стр., и в нем представлены рубрики, в которых согласно требованиям ВАК обсуждаются вопросы актуальности работы, цели и задачи, научная новизна, вклад автора и другие важные показатели работы. Здесь же представлены четыре защищаемых положения.

Вкладом автора в развитие исследований являются:

- разработка и реализация аппаратной и программной части единого постоянно-действующего центра сбора, обработки и хранения данных;
- внедрение автоматизированного способа регистрации нестационарных геоэлектрических процессов в приповерхностных слоях горных пород, который осуществлялся по единой методике;
- выявление общих закономерностей поведения временных рядов, проявляющихся в качестве локального и глобального эффектов и их связи с сильными землетрясениями;

- разработка алгоритма идентификации сигналов-предвестников, заключающегося в поиске моментов времени, связанных со всплесками коэффициентов парной корреляции между различными каналами станции геоэлектрических измерений.

Решение этих и других поставленных задач изложено в четырех главах диссертации.

Первая глава посвящена обзору и результатам, полученным в исследованиях существующих методов измерения разностей геоэлектрических потенциалов на длинных измерительных линиях, опыт применения которых насчитывает более 100 лет в разных странах мира. Проанализирован опыт наблюдения за сейсмоэлектрическими предвестниками землетрясений на Камчатке в районе оз. Байкал. Рассмотрена методика VAN, обозначенная по первым буквам фамилий греческих ученых (Варотсос – Алексопулос – Номикос), применяющаяся в настоящее время для регистрации аномалий электротеллурического поля на прогностических полигонах Греции и Японии. Многолетний опыт работ по регистрации аномалий сейсмоэлектрических сигналов перед многими сильными землетрясениями позволяет говорить об их возможной природе и применении для прогноза землетрясений.

В первой главе рассмотрены результаты применения методики Д.А.Кузнецова в 1989-1994г.г. на Камчатке. Результаты, полученные в работе, базируются на развитии этого метода, установке компактных станций наблюдения для регистрации поведения разностей геоэлектрических потенциалов в приповерхностных слоях горных пород, развитию аппаратуры и программных средств обработки данных регистрации.

Кроме того, в первой главе приведены характерные результаты наблюдения за вариациями кажущегося сопротивления методами дипольного и вертикального электрического зондирования (ДЭЗ, ВЭЗ), в том числе в сейсмоактивных районах с использованием специального сильноточного источника. В главе обобщены различные гипотезы к интерпретации сейсмоэлектрических явлений и возможной природе регистрируемой аномальной величины геоэлектрических потенциалов.

В заключении к первой главе автор делает выводы о необходимости применения компактных систем регистрации разностей геоэлектрических потенциалов и расширении сети станций наблюдений в Евразии и формулирует задачи своего исследования.

Вторая глава диссертации посвящена развитию аппаратуры, информационной инфраструктуры операционного центра и программным средствам обработки данных, получаемых с сети станций. Автор организовал исследование в 12 пунктах мониторинга на Камчатке, Алтае, Тульской области, Крыме и Италии. Осуществляя наблюдения по одной методике, автор применил однотипную аппаратуру, устанавливаемую на каждом пункте наблюдения. Передача данных наблюдений осуществляется посредством сети Интернет в единый операционный центр. В главе представлена информационная модель операционного центра, построенная автором на основе современных информационных

технологий, включая архитектуру инструментальных средств, процедуры сбора и передачи первичных материалов наблюдений, ввод и хранение данных в базе данных, последующий анализ и представление на веб-странице в глобальной сети Интернет. В главе дано описание программных средств, обеспечивающих предварительный анализ данных мониторинга и их подготовки к комплексному анализу.

В третьей главе диссертации анализируются сигналы, полученные на интервале оперативного упреждения 30 суток в связи с подготовкой землетрясений. Автор предложил новый подход к исследованию данных мониторинга на основе расчета медианы коэффициентов корреляции сигналов многоэлектродной системы. Приведен пример анализа поведения медианы для станции, расположенной на расстоянии 110 км от эпицентра землетрясения с магнитудой $M7.2$, произошедшего 30 января 2016г., и 3000 км от эпицентра землетрясения с магнитудой $M7.1$, произошедшего 24 января 2016г. В данной главе проанализированы результаты наблюдений поведения сигналов на Камчатке в период времени с 2001 по 2015 г. и сопоставлены с данным глобального геофизического мониторинга землетрясений с магнитудой $M \geq 8$.

В четвертой главе представлена обработка временных рядов геоэлектрического мониторинга, полученных в 2012-2015 годах, при этом были использованы методы и программные средства, разработанные А.А. Любушиным. Целью анализа являлся поиск скрытых взаимосвязей между данными нестационарных геоэлектрических процессов, а также данными сетей сейсмического мониторинга. Процедуры обработки временных рядов включали в себя снижение влияния помех, обусловленных рядом случайных факторов. В результате анализа автор обнаружил очень существенный всплеск когерентности для агрегированных сигналов от различных станций на Камчатке, на Алтае и в Италии в первой половине 2013 года на периодах около 24 часов. Обращает внимание тот факт, что коллективное поведение временных рядов сохранялось при исследовании множественных коэффициентов когерентности между агрегированными сигналами станций на Алтае, в Италии и агрегированными сигналами 2-го порядка от различных комбинаций станций на Камчатке. Автор связывает аномальное поведение коэффициентов когерентности между сигналами различных станций с мантийным Охотоморским землетрясением 24 мая 2013 г., которое ощущалось на евразийском континенте. В четвертой главе также приведены результаты анализа эффектов когерентности между измерениями нестационарных геоэлектрических сигналов на Камчатке в течение 2013-2015 годов и вариациями данных сейсмических шумов на Японских островах. Анализ также обнаруживает когерентность поведения исследуемых параметров, часть из которых приходится на интервал времени перед мантийным Охотоморским землетрясением 24 мая 2013 года.

В заключении представлены основные результаты работы. По результатам выполненных исследований разработан комплекс программно-аппаратных средств для регистрации нестационарных геоэлектрических процессов. Исследованы особенности

вариаций сигналов многоэлектродной системы, обнаружен новый геофизический эффект, оцениваемый в результате расчета медианы коэффициентов корреляции между рядами измерений на станции наблюдения. Предложен алгоритм идентификации сигналов-предвестников и критерии отбора регистрируемых сигналов.

Научная новизна и практическая значимость диссертационной работы

В результате диссертационного исследования Бобровским В.С. разработан комплекс программно-аппаратных средств, что позволяет проводить мониторинг в разных регионах по единой методике; выявлено импульсное поведение медианы коэффициента корреляции пар каналов, предшествующее сильному землетрясению; накоплена статистика временных изменений разностей геоэлектрических потенциалов, установлены временные интервалы и характерные периоды всплесков синхронного поведения сигналов, регистрируемых по сети многоэлектродных наблюдений в разных странах, а также в сопоставлении с данными сейсмических станций в Японии.

Результаты диссертационной работы позволяют применить разработанные программно-аппаратные средства для регистрации разностей геоэлектрических потенциалов при дальнейшем развитии сети наблюдений в различных сейсмоопасных регионах и проводить анализ и интерпретацию временных рядов наблюдаемых сигналов.

Замечания и рекомендации

По диссертационной работе Бобровского В.С. можно сделать некоторые замечания и высказать следующие рекомендации:

- в главе 1 приведен обзор работ связанных с изучением предвестников землетрясений. Стоило бы дополнить наблюдениями за естественными электромагнитными полями. Не рассмотрены вариации магнитного поля.
- не рассмотрено возможное влияние глобальных вариаций геомагнитной активности
- в разделе 2 не приведено обоснование применения диапазона 4-4000 Гц при измерении электрических сигналов
- в разделе 3.1 приведен только один пример при расчете медианы коэффициентов корреляции
- в разделе 4 не дано объяснение, на чем основано ожидание согласованности в данных геоэлектрических измерений на такой большой территории от Камчатки, Алтая до Италии на этапе подготовки землетрясения (на примере мантийного Охотоморского).
- в дальнейшем автору работы следует уделить внимание методическим вопросам регистрации геоэлектрических потенциалов с целью совершенствования методов измерения.

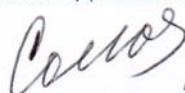
Указанные замечания не снижают ценности и высокой оценки выполненного исследования.

В целом диссертационная работа Бобровского Вадима Сергеевича является завершённым исследованием и соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Основные результаты диссертационного исследования полностью отражены в публикациях в научных изданиях, в том числе 2 статьи в журналах, включённых ВАК РФ в перечень ведущих рецензируемых изданий, одна работа опубликована главой в книге, входящей в международную систему цитирования Scopus, одна монография, остальные работы индексируются в РИНЦ.

Текст автореферата соответствует тексту диссертационной работы.

Диссертация Бобровского В.С. выполнена на высоком научном уровне, написана грамотным русским языком, все положения изложены четко и ясно, иллюстрированы. По актуальности и уровню решаемых проблем, обоснованности полученных научных результатов работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Бобровский Вадим Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
лаборатории «Приповерхностной геофизики»
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института динамики геосфер Российской академии наук (ИДГ РАН)

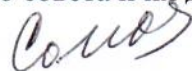
 26.01.2017 Соловьев Сергей Петрович

Адрес: 119334, Ленинский проспект, 38, корпус 1, ИДГ РАН,

сайт: <http://idg.chph.ras.ru>

Тел.: +7(499)137-66-11, e-mail: soloviev@idg.chph.ras.ru

«Я, Соловьев Сергей Петрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку»

 26.01.2017

Подпись Соловьева Сергея Петровича удостоверяю:

Ученый секретарь ИДГ РАН



д.г.-м.н. Н.В.Болдовский