



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЗМИРАН

д.ф.-м.н.

Кузнецов В.Д.

2018г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации на диссертационную работу

Смирнова Сергея Эдуардовича

**«ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В СЕЙСМОАКТИВНОМ
РЕГИОНЕ КАК ИНДИКАТОРЫ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ЭРУПТИВНЫХ
ЯВЛЕНИЙ НА СОЛНЦЕ»,**

представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

Диссертация Смирнова Сергея Эдуардовича посвящена **актуальной** проблеме геофизики: исследованию закономерностей временных и спектральных вариаций квазистатического электрического поля Земли. Электрическое поле отражает влияние комплекса геофизических процессов, протекающих в данном регионе, а именно: метеорологические явления, эффекты солнечно-земных связей, геомагнитные и геодинамические процессы. Изучение вековых вариаций геомагнитного поля ведется давно, но подобные данные об исследованиях вековых вариаций электрического поля (ЭП), особенно в сейсмоактивном регионе, практически отсутствуют. Требуется также дальнейшее изучение пространственной структуры ЭП. Однако для решения этой проблемы необходимо построение сети многих обсерваторий.

Актуальность проблемы обусловлена еще и тем обстоятельством, что электрическое поле является ключевым моментом во многих теориях, описывающих механизм литосферно-атмосферно-ионосферного взаимодействия. Экспериментальное исследование этого взаимодействия и составляло одну из задач, решаемых в obs. «Паратунка», где в течение многих лет ведется непрерывная регистрация напряженности квазистатического электрического поля, а в последнее время и электропроводности приземной атмосферы. В

организации и развитии этой обсерватории принимал активное участие соискатель.

Представленная диссертация включает в себя Введение, шесть глав, Заключение и список литературы (194 источника).

Во **Введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цель и задачи, указаны методы исследований, научная новизна и практическая значимость работы, определен личный вклад автора, а также сформулированы основные научные результаты, выносимые на защиту:

1. Наиболее вероятные аномальные значения напряженности электрического поля в виде бухтообразного понижения достигают величин -300 В/м, а их длительность - (40-60) мин с дополнительным максимумом 160 мин. В 36% случаев аномалии ЭП через 1-24 ч сопровождаются землетрясениями. Не обнаружена зависимость этих величин от класса землетрясения и от расстояния до эпицентра.

2. Диапазон наиболее вероятных значений напряженности электрического поля атмосферных шумов, наложенных на суточные вариации, в нормальных метеорологических условиях составляет ± 20 В/м. Перед землетрясениями в отсутствии атмосферных осадков аномальные значения напряженности поля достигают величины ± 200 В/м, а при осадках - ± 1000 В/м.

3. Определяющим фактором суточного хода напряженности электрического поля в приземном слое атмосферы на равнинной среднеширотной местности в условиях хорошей погоды является утренний конвективный генератор.

4. Во время и в период подготовки землетрясений наблюдается усиление колебаний напряженности вертикального электрического поля в полосе периодов внутренних гравитационных волн (ВГВ).

5. Во время геомагнитных бурь в электрических характеристиках приземной атмосферы происходит усиление волн планетарного масштаба.

Первая глава посвящена анализу результатов измерения напряженности электрического поля в обл. «Паратунка» в условиях «хорошей погоды», в периоды грозовой активности, при наличии осадков (дождь, снег). Последние являются своего рода помехами при поиске и выделении эффектов в ЭП, связанных с подготовкой землетрясений. Приведены параметры «хорошей погоды», которые дают возможность регистрировать сигналы, связанные с подготовкой землетрясений, и показаны примеры таких наблюдений. Приведен сезонный и вековой тренд ЭП для Камчатки за период 1997-2017 гг., что является вкладом в построение мирового тренда ЭП для Земли.

Вторая глава посвящена аппаратному и программному обеспечению измерений на базе наземного программно-измерительного комплекса ИКИР, в разработке, организации и создании которого соискатель принимал активное участие.

В **третьей** главе описываются положительные и отрицательные аномалии напряженности электрического поля. В частности, положительные аномалии приводят к уменьшению электропроводности и росту ЭП. Подробно исследуются отрицательные аномалии, которые связываются с подготовкой ЗТ. В 36% случаев, когда наблюдались такие аномалии, через 1-24 часа были зарегистрированы сильные ЗТ. Приведенная статистика далека от полноты, тем не менее, приводимый результат заметен по сравнению с опубликованными прогнозами ЗТ и побуждает к дальнейшим исследованиям.

В **четвертой** главе представлены эффекты восхода Солнца в вариациях напряженности электрического поля. Рассмотрен эффект утренней конвекции. Показано, что главный максимум суточного хода ЭП обусловлен конвективными и турбулентными процессами в приземном слое атмосферы.

В **пятой** главе более подробно описываются эффекты сейсмической активности в вариациях напряженности электрического поля. В частности, с помощью спектрального анализа показано возрастание интенсивности колебаний в диапазоне ВГВ в период сейсмической активности.

В **шестой** главе представлены результаты исследования эффектов геомагнитных возмущений в вариациях напряженности электрического поля. Геомагнитная буря вызывает индукционный эффект в ЭП. Показано, что во время Форбуш-понижения влияние галактических космических лучей (ГКЛ) на электрическое поле дополнительно проявляется на периоде атмосферных волн планетарного масштаба ($T \sim 48$ ч), а именно: наблюдается одновременное усиление интенсивности этой спектральной компоненты в их спектрах мощности.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертации. Хотелось бы выделить из них главные:

1. Разработана автоматизированная система сбора и первичной обработки ЭП и других геофизических величин, признанная научным сообществом в нашей стране и за рубежом.
2. Накоплен большой массив данных за период 1997-2017 гг. Построен вековой ход ЭП за этот период.

3. Доказана определяющая роль глобальной электрической цепи (ГЭЦ) в формировании суточного хода ЭП. Аномальные вариации напряженности электрического поля вблизи восхода Солнца обусловлены процессами турбулентности и конвекции в приземной атмосфере при изменении температуры атмосферы.
4. Приведенные теоретические оценки тока электропроводящей среды, выполненные на основании модифицированного закона Ома, показали существенное влияние роста концентрации тяжелых ионов на формирование аномалий ЭП во время вулканических выбросов.
5. Визуальный анализ записей ЭП позволил выделить класс вариаций, которые в 36% случаев сопровождаются последующими ЗТ. Обнаружена зависимость интенсивности спектральных характеристик ЭП в полосе периодов 0,5-3 ч от сейсмической активности. Доказано совпадение периодов этих колебаний с периодами ВГВ.
6. Показано, что во время Форбуш-понижения влияние ГКЛ на электрическое поле дополнительно проявляется на периоде атмосферных волн планетарного масштаба ($T \sim 48$ ч), а именно: наблюдается одновременное усиление интенсивности этой спектральной компоненты в их спектрах мощности.

Автор непосредственно участвовал во всех этапах работы, включая разработку, установку и эксплуатацию аппаратуры, компьютерную обработку результатов наблюдений, разработку научных гипотез.

Результаты исследований имеют научное и прикладное значения. Дело в том, что вариации ионосферных параметров имеют двухсуточный период, но полное объяснение этого эффекта отсутствует. Диссертант предложил возможный механизм этого явления, а также объяснение ряд других эффектов литосферно-ионосферного взаимодействия.

Данные по изменению волновых характеристик потока галактических космических лучей, связанные с индукционным эффектом в электрическом поле приземной атмосферы, используются в различных научных коллективах: ИЗМИРАН, Институт космических исследований РАН, где ведутся регулярные наблюдения «космической погоды», которые востребованы при космических полетах. Результаты, касающиеся подповерхностной сейсмической и акустической активностей, используются в центрах наблюдения ЗТ при Институте физики Земли РАН.

Следует, однако, отметить и ряд недостатков диссертации.

1. Термин «индикатор» подразумевает нечто твердо установленное. Между тем работа имеет поисковый характер, и в ряде случаев термин «признак» или подобный ему был бы удачнее.
2. В работе не достаёт результатов по пространственной корреляции вариаций ЭП, измеренной с помощью двух идентичных приборов.

Несмотря на указанные недочёты, диссертация С.Э. Смирнова представляет собой законченное научное исследование с четкими и убедительными результатами. Текст написан хорошим языком, структура изложения ясная.

По теме диссертации опубликовано 28 работ, в том числе 26 в реферируемых журналах из списка ВАК РФ и 2 статьи в журналах, индексируемых РИНЦ. Эти научные публикации в полной мере отражают содержание исследований, основные выводы и защищаемые положения диссертации. Результаты работы докладывались на общероссийских и международных конференциях. Текст автореферата соответствуют содержанию диссертации. Совокупность теоретических и практических результатов автора можно классифицировать как значительное достижение в области физики атмосферы.

Таким образом, диссертационная работа Смирнова С.Э. соответствует критериям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждения ученых степеней» (Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), «О внесении изменений в Положение о присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335), предъявляемым к докторским диссертациям. Автор диссертации «Вариации электрического поля земли в сейсмоактивном регионе как индикаторы сильных землетрясений и эруптивных явлений на Солнце» Смирнов Сергей Эдуардович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Отзыв составили:

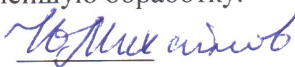
Михайлов Юрий Михайлович, доктор физико-математических наук, в.н.с. направления ионосферы и распространения радиоволн ИЗМИРАН.

Я, Михайлов Юрий Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«12» 09 2018 г.



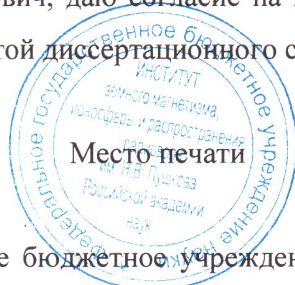
Место печати


Подпись

Ященко Алексей Кириллович, доктор физико-математических наук, в.н.с. направления ионосферы и распространения радиоволн ИЗМИРАН.

Я, Ященко Алексей Кириллович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«12» . 09 2018 г.



Подпись

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук

Адрес: 108840, Россия, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4

Тел.: 8 (495) 851-01-20

Сайт: www.izmiran.ru

Подписи Михайлова Ю.М. и Ященко А.К. заверяю

Зав. канцелярии ИЗМИРАН Беликова Татьяна Михайловна

13 12.09.2018г.