

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКСТАН**

Институт сейсмологии им. Г. А. Мавлянова

На правах рукописи

**УДК ( 550.37-550.38):550.343**

**ТОКТОСОПИЕВ АЛЫМБАЙ МОЛДОКМАТОВИЧ**

**Электромагнитные процессы в связи с сейсмичностью  
(на примере Северо-Тянь-Шаньского сейсмического пояса)**

**04.00.22 - Геофизика**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук

**Ташкент - 1999.**

Работа выполнена в Институте сейсмологии Национальной  
Академии Наук Республики Кыргызстан

**Официальные оппоненты:**

Академик АН РУз

А.Н. Султанходжаев

доктор физ.-мат.наук

А.А. Авагимов

доктор физ.-мат.наук

И. Л. Гуфельд

**Ведущее предприятие:**

**Институт Физики и механики горных пород  
НАН КР**

Защита диссертации состоится «\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_1999г.

в «\_\_\_\_\_» час, на заседании Специализированного совета

Д.015.07.01 при Институте сейсмологии АН РУз по адресу:

700128, г. Ташкент -128 ул. Хуршида 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института  
сейсмологии АН РУз.

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_ 1999г.

Ученый секретарь

Специализированного совета,

Канд. физ.- мат. наук

У.А.Нурматов

## **Общая характеристика работы.**

Диссертация посвящена экспериментальному исследованию природных вариаций электромагнитных параметров (ЕИЭМП, ЭТП, АЭП). Имеющиеся к настоящему времени результаты наблюдений за поведением электромагнитного поля в сейсмоактивных областях показывают, что сейсмический процесс находит свое отражение в электромагнитном поле Земли. Из всей совокупности известных предвестников повышенное внимание ученых обращено к электромагнитным по причине их относительной простотой организации наблюдений за ними, дальнего действия и сравнительно малыми материальными затратами.

В представленной работе была предпринята попытка определить перспективные пути выявления предвестников землетрясений на примере Северо-Тянь-Шаньского сейсмического пояса (территории Кыргызстана). Автор попытался установить связи между аномальными возмущениями естественного импульсного электромагнитного поля (ЕИЭМП), электротеллурического поля (ЭТП), атмосферного электрического (АЭП) и происходящими землетрясениями.

## **Актуальность работы.**

Решение проблемы оперативного прогноза землетрясений - насущная задача современной геофизики. Усилия ученых направлены на поиски таких надежных предвестников сейсмической опасности, с помощью которых можно решить основные задачи прогнозирования - предсказание места, силы и времени будущего землетрясения. В результате многолетних наблюдений на различных полигонах мира выяснилось, что вариации во времени измеряемых параметров геофизических полей находятся в довольно сложном соотношении с моментами возникновения сильных землетрясений, что может служить своеобразным предупреждением относительно беспочвенности надежд на сравнительно легкий успех в решении проблемы прогноза землетрясений. В настоящее время со всей очевидностью стало ясно, что для выяснения полной совокупности соотношений "предвестник - сильное землетрясение" и установления их возможной причинно-следственной связи необходимы довольно длительные стационарные непрерывные наблюдения за геофизическими полями и фоновой сейсмичностью. Все это предопределяет актуальность дальнейших обширных исследований тектонических процессов, комплексных и натуральных экспериментов по нетрадиционным методам, таким как комплекс гидрогеофизических параметров, атмосферные электрические возмущения, электромагнитные излучения, электротеллурические возмущения, аномальные возмущения в ионосфере, регистрируемые на спутниках и наземных станциях, сейсмический шум, акустические явления и ряд других, а также поисковых работ по выявлению новых предвестников. Все это в совокупности выводит проблему прогноза землетрясений в разряд не только практических важных, но и наиболее гуманных проблем. Повышенный интерес в последние годы к самой проблеме и рост числа работ в мировой печати, ее обсуждающих, - дополнительное свидетельство актуальности фундаментальных исследований в данной области и их практической значимости.

## **Цель и задачи исследований.**

Целью настоящей работы является выявление закономерностей проявления вариаций электромагнитных полей, связанных с сеймотектоническими процессами в земной коре, и их использования как для мониторинга геодинамических процессов, так и для разработки методики прогнозирования землетрясений.

В соответствии с перечисленными целями были сформированы следующие задачи:

1. Создание на территории Кыргызстана комплексных электромагнитных пунктов мониторинга естественных импульсных электромагнитных полей (ЕИЭМП), электротеллурического поля (ЭТП), атмосферно-электрического потенциала (АЭП).

2. Использование формы сигналов ЕИЭМП с целью определения соотношений источников литосферного и атмосферного происхождения.

3. Исследования пространственно-временных закономерностей фоновых интенсивности ЕИЭМП и влияния на них гелиогеофизических факторов.

4. Исследование связи регулярных и нерегулярных аномалий ЕИЭМП с сейсмическими процессами.

5. Изучение временных закономерностей электротеллурического поля, анализ морфологии поля и проявления гелиогеофизических, метеорологических и техногенных факторов.

6. Исследования аномальных возмущений горизонтальных и вертикальных компонент ЭТП при активизации сейсмических процессов.

7. Исследования характеристик атмосферного электрического потенциала и особенностей возмущений перед сейсмическими событиями. Анализ биореакций живых организмов перед сильными землетрясениями.

8. Разработка методик картирования разрывных структур с использованием электромагнитных методов и контроля концентрации озона.

9. Комплексный анализ возможностей использования аномальных возмущений ЕИЭМП, ЭТП и АЭП для краткосрочного прогноза времени сильных землетрясений.

**Методика исследований.** Диссертация выполнена на основе экспериментальных методов исследований и базируются на современных представлениях электромагнетизма, атмосферного электричества, сейсмологии. Экспериментальные исследования выполнялись с использованием современных средств физических наблюдений. Для обработки данных использовались методы математической статистики, теория электродинамики.

**Научная новизна.** Перечисленные ниже работы и результаты исследований впервые выполнены и получены автором.

1. Организованы на территории Кыргызстана длительные стационарные наблюдения ЕИЭМП, ЭТП, АЭП. Детально изучены их пространственно-временные структуры и выявлены основные закономерности регулярных и нерегулярных вариаций фоновых полей ЕИЭМП, ЭТП, АЭП. Выявлены их связь с различными гелио-геофизическими факторами.

2. Выявлены особенности аномальных изменений ЕИЭМП перед сейсмическими событиями в Иссык-Кульской и Чуйской впадинах, выражающиеся в нарушении регулярности их суточного хода, изменении интенсивности регулярных максимумов и длительности возмущений, а также изменений спектральных составляющих. Обнаруженные эффекты повышенного уровня ЕИЭМП в сейсмоактивных зонах, свидетельствуют об изменении условий распространения радиоволн в волноводе Земля-Ионосфера. Установленные аномальные вариации ЕИЭМП могут интерпретироваться, как краткосрочные предвестники.

3. Решен ряд методических проблем постановки стационарных полевых наблюдений горизонтальной (традиционный) и вертикальной (на скважине) составляющей электротеллурического поля. Разработан новый тип электрода для регистрации вертикальной составляющей ЭТП на скважине и технология его изготовления. Обнаружены аномальные возмущения ЭТП, связанные с подготовкой землетрясений. Впервые зарегистрированы "П-образные" сигналы-предвестники ЭТП вертикального составляющего на частоте 1Гц, которые рассмотрены как предвестники сейсмических событий. Выделены синхронные аномальные изменения вариации электросопротивления  $\rho$  и  $dZ$  магнитного поля и горизонтального составляющего ЭТП перед близкими землетрясениями.

4. Обнаружены на территории Кыргызстана аномальные возмущения электрического поля атмосферы (АЭП), обусловленные сейсмической активностью.

5. Проанализированы биологические предвестники, полученные перед рядом сильных землетрясений, происшедшим на территории Кыргызстана.

6. Разработаны инструментальные методы картирования разломных структур для обоснования мест расположения пунктов локального контроля сейсмической опасности при развертывании сети площадного мониторинга. Учитывая, что в зонах активных разрывных структур могут быть долгоживущие геохимические аномалии, для их картирования предложен метод контроля приземного озона.

### **Защищаемые научные положения.**

1. Экспериментальные данные по регистрации электромагнитных сигналов и установленные закономерности пространственной структуры, особенности их связи с различными техногенными, метеорологическими и гелиофизическими источниками.

2. Особенности аномальных возмущений ЕИЭМП перед сильными землетрясениями, закономерности их проявлений и вероятные механизмы.

3. Совокупность экспериментальных данных по аномальным возмущениям ЭТП и АЭП в асейсмичный период и перед сильными событиями.

4. Методические приемы поиска предвестников землетрясений в вертикальной составляющей ЭТП.

5. Методология картирования разрывных структур.

**Практическая ценность.** Выделенные на территории Кыргызстана электромагнитные предвестники землетрясений и установленные пространственно-временные и амплитудные закономерности их проявления могут быть использованы в разработке научных основ и методов прогноза времени землетрясений.

**Реализация результатов работ.** Результаты исследований и данные режимных электромагнитных наблюдений на геодинамических полигонах Кыргызстана в комплексе с другими методами используется для пробного оперативного прогнозирования землетрясений. В 1995-97 годах по данным режимных электромагнитных наблюдений в Прогнозную комиссию Института сейсмологии НАН Кыргызстана 6 раз был дан прогноз времени и силы ожидаемого землетрясения. Из них в 5 случаях прогноз оправдался по всем параметрам.

Результаты исследований внедрены в МЧС и ГО Кыргызской Республики. Материалы являются основой прогнозов по сейсмическим условиям на территории Кыргызстана.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались и обсуждались на Международных симпозиумах: симпозиум "Геоэлектрика и геотермика Европы"

(Канада,1987), Всеяпонский симпозиум по поискам предвестников ЭМИ (Япония,1991),I Казахстанско-Китайский симпозиум по прогнозу землетрясений (Алма-Ата,1992), симпозиум "Электромагнитные феномены при землетрясениях" (Япония, 1993), XXIX Генеральной Ассамблее по геологии (Япония,1992),конференция, посвященная 85-летию акад. Г.А.Мавлянова "Проблемы сейсмологии и инженерной геологии" (Ташкент,1995), симпозиум "15-летие Тянь-шаньского землетрясения" (СУАР, КНР, 1991); на Всесоюзных совещаниях: "Электроимпульсная технология и электромагнитные процессы в нагруженных твердых телах" (Томск, 1982), I-й Всесоюзная школа-семинар по электромагнитным предвестникам землетрясений (Ашхабад, 1982), VII Межреспубликанская научная конференция молодых ученых, посвященная 60-летию образования Киргизской ССР (Фрунзе, 1984), Всесоюзная школа-семинар "Физические основы прогнозирования разрушения горных пород" (Фрунзе,1985, Иркутск,1988, Петропавловск-Камчатский.1991.),научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава Пржевальского госпединститута (Пржевальск, 1978-1982), научные семинары и сессии Института Сейсмологии НАН Кыргызстана (1983-1997), ОИФЗ РАН и еженедельные заседания прогнозной комиссии ИС НАН РК, ОМСЭ ИС НАН РК.

**Публикации.** Основное содержание диссертации изложено в 41 опубликованных работах. Из них 4 монографии в соавторстве.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, списка литературы из 318 наименований, содержит стр. текста, иллюстрации, таблиц. приложения

В работе наряду с результатами автора использованы гелиофизические данные, полученные через мировые центры данных: Б2 (СНГ), С2 (Япония), метеосведения Гидрометефонда Кыргызстана за 1978 - 1997гг.

Настоящая работа является итогом многолетней (1977 - 1997) деятельности автора сначала в Томском политехническом институте, а затем в Институте Сейсмологии НАН РК.

Экспериментальные исследования были начаты автором в 1978г. по инициативе А.А.Воробьева, с которым автора связывают совместные многолетние усилия по проведению натурных наблюдений в Кыргызстане и за его пределами.

Автор глубоко благодарен сотрудникам ПНИЛ ЭДиП Томского политехнического института, подготовка и проведение эксперимента было бы невозможно без квалифицированного труда коллег по лаборатории и консультации с сотрудниками института в соавторстве с которыми сделан ряд публикаций. Общение с которыми явилось хорошей школой геофизических исследований.

Ценная консультативная помощь оказана автору И.Л.Гуфельдом, М.Б.Гохбергом, Г.А.Соболевым, Ф.Н. Юдахиным, К.Н. Абдулабековым Н.Н. Никифоровой, С.С.Хусамиддиновым, А.К.Курскеевым, М.А.Самохваловым, Э. Ш. Шакировым.

Глубокую признательность автор испытывает дирекции Института сейсмологии НАН РК за предоставленную возможность интенсифицировать практическую работу данного направления.

Представленный экспериментальный материал получен на аппаратуре, разработанной В.И.Ключанцевым (ТПИ, Томск) и К.Такахашаи (научно-исследовательской лаборатории коммуникаций (LTR),Токио),

А.Рожной (ИФЗ РАН, Москва), с которым автора связывает многолетнее творческое сотрудничество. При выполнении работы всестороннее содействие оказывали

сотрудники руководимой автором лаборатории геофизических методов прогноза землетрясений: Э.О.Раяпов, С.Н.Байло, А.К.Каниметова, А.Ж.Байбосунов.

Всем им диссертант выражает искреннюю благодарность.

Автор благодарен коллегам по Институту сейсмологии за ценные советы по обработке наблюдаемых данных, общение с которыми позволило ему постоянно повышать свою квалификацию.

Автор считает прятным долгом выразить глубокую благодарность академику НАН КР С.Ж.Токтомышеву, чл.-корр.НАН КР А.Т.Турдукулову, д.г.-м.н. Э.М.Мамырову за постоянную поддержку и внимание.

## **Основное содержание работы**

### **Введение**

Во введении обосновывается актуальность исследований связи электромагнитного процесса с сейсмическими явлениями, показаны результаты, выносимые на защиту, дается оценка научной и практической ценности полученных результатов, приводится перечень конференций, совещаний, симпозиумов, а также научных учреждений, где докладывались основные положения диссертации.

### **Глава I. "Электромагнитные явления в различных оболочках Земли в связи с сейсмичностью".**

В главе обобщены исторический обзор развития представлений о сейсмoeлектрических связях и анализ современного состояния исследований электромагнитных предвестников. Систематически обсуждена большая часть имеющихся мировых данных полевых исследований электромагнитных предвестников, за весь период инструментальных наблюдений. Рассмотрены, в частности, работы Ж.Дари (1903г.), Е.Чернявский (1924г.), К.Ширатори (1925г.), Т.Иосимацу (1938г.), Т.Нагата (1944г.), В.Бончковский (1949г.), К.Церфас (1966г.), Г.Соболева и В.Морозова (1970г.), А.Воробьева (1972г.), К.Абдуллабекова и С.Хусамиддинова (1974г.), Китайский геофизиков по прогнозу Хайченского землетрясения (1975г.), М.Гохберта (1977г.), А.Курскеева и В.Корнейчикова (1979г.), А.Авагимова и В.Жукова (1979г.), Ж.Тате и др, Р.Хеливелл, А.Фразер-Смидт, У.Фужинава, К.Такахаша (1983г.) греческий ВАН-группы (1984г.), Ш.Мастова и Ю.Мальшкова (1987г.), А.Пономарева (1987г.), К.Абдуллабекова (1987г.) В.Моргунова (1993г.), И.Гуфельда (1995г.), В.Левшенко (1995г.), С.Максудова (1996г.) и других геофизиков. Оцениваются накопленный опыт и выводы, сделанные различными исследователями и намечаются пути развития методики полевого эксперимента и использования его результатов.

На основе литературных данных рассмотрены характер и природа фоновой интенсивности естественного импульсного электромагнитного поля (ЕИЭМП), определяемые в основном близкими и далекими грозowymi разрядами (атмосфериками). Описаны особенности суточного и сезонного хода атмосфериков, их формы, спектрального состава и амплитуд на различных расстояниях от источника. Сделан вывод, что фоновая интенсивность ЕИЭМП в точке приема является функцией грозовой деятельности, условий распространения электромагнитных волн в волноводе Земля-ионосфера, а также выбранной частоты наблюдений.

На большом статическом материале по ЕИЭМП, полученном на Ташкентском геодинатическом полигоне (Г.А.Мавлянов, В.И.Уломов, К.Н.Абдуллабеков, С.С.Хусамиддинов) разработаны методы исключения помех метеорологического характера (грозы), зарегистрированы аномальные эффекты на нескольких станциях и вблизи эпицентров на афтершоках ряда сильных землетрясений. Ими получено, что длительность аномалии зависит от энергии землетрясения, но зависимость амплитуды аномалии ЭМИ от эпицентрального расстояния не выявлена.

Изложенные гипотетические и теоретические представления чл. корр. АПН СССР проф. А.А.Воробьевым (1968-70гг) о трансформации механической энергии в электрическую и электромагнитную в горных породах в условиях их естественного залегания в настоящее время стали развиваться одновременно в нескольких направлениях: исследования электромагнитных процессов в лабораторных условиях на образцах горных пород (Челидзе Т.Л., Хаташвили Н.Г., 1979, Э.И.Пархоменко, 1968,1983, В.С.Куксенко, 1981) и др., измерение электромагнитных эффектов геодинатических события, например: оползни, горные удары, профильные измерения (Мастов Ш.Р., Соломатин В.Р., В.М.Демин., Хайдаров Б.Х., Самохвалов Ю.А., Токтосопиев А.М. и др., 1982-96гг); изучение электромагнитных излучений при сейсмических событиях с постановкой измерений на поверхности Земли, в скважинах, шахтах, на космических аппаратах ( А.А.Воробьев и др., Г.А.Мавлянов и др., С.С.Хусамиддинов, М.Б.Гохберг и др.,И.Л. Гуфельд и др., В.А.Моргунов и др., А.К.Курскеев, В.П.Корнейчиков, Ю.П.Мальшков и др., Н.И.Гершензон и др., Т.Огава и др., Т.Ешино и др., Д.О.Зилпимиани, В.И.Ларкина и др., А.М.Токтосопиев)

Интересно отметить, что электротеллурические поля широко исследуются в СНГ, Японии, США, Китае, Греции, Болгарии и др. странах. Различные аномальные изменения ЭТП горизонтального составляющего (традиционный метод) перед землетрясениями выявлены на Камчатке, Средней Азии и Кавказе (Г.А.Соболев и др., А.А.Абагимов и др., А.К.Курскеев и др.). Исследуются световые эффекты при землетрясениях (J.S.Deert) и многочисленные факты необычного поведения живых объектов (А.А.Никонов, А.Я.Сидорин, П.И.Мариковский и др.). Стали появляться сведения об инструментальных наблюдениях за возмущениями в атмосферном электрическом поле ( А.Ч.Иманкулов и др., Струминский и др., С.В.Анисимов, В.А.Моргунов).

Основные условия были направлены на обнаружение связи возмущений ЕИЭМП с сейсмотектоническими процессами.

Современный этап исследований характеризуется переходом от доказательной части к изучению физических механизмов сейсмoeлектрических явлений. Показана их связь с изменениями геофизических характеристик процессами подготовки землетрясений. Обнаружены зональные эффекты F области и возмущения спорадического E слоя за счет сейсмических источников. Известны сведения о необычных колебаниях амплитуды, частоты и фазы радиосигналов, отраженных от ионосферы за часы и первые сутки до подземных толчков.

Из анализа натурных наблюдений за электромагнитным параметром перед землетрясениями сделаны следующие выводы;

- 1) аномалии в ЕИЭМП проявляются в виде максимумов или минимумов интенсивности;
- 2) аномалии сопровождаются нарушениями регулярного среднесуточного хода ЕИЭМП;
- 3) аномалии проявляются в широком временном интервале: от десятков минут до нескольких суток перед землетрясениями;
- 4) аномалии регистрируются в широком частотном диапазоне ЕИЭМП-от сверхнизкочастотного до высокочастотного, но проявляются неравномерно внутри него (на одних частотах они регистрируются, на других - отсутствуют);

- 5) аномалии выделены не перед всеми землетрясениями;
- б) отмечаются тенденции к зависимости длительности проявления аномальных эффектов в ЕИЭМП от энергии землетрясений или их удаленности от пунктов наблюдения.

В качестве источников этих явлений рассматриваются механоэлектрические явления, нелинейные и пробные явления при спадающих электрических полях, резонансные возбуждения ионосферы. Единое мнение о механизме явления отсутствует.

Изучение геофизических параметров и их аномальных возмущений, возникающих перед землетрясением невозможно проводить без исследования их взаимной связи, т.к. они составляют следствие единого масштабного деформационного процесса. Без последовательного анализа, а значит и одновременного измерения ряда параметров не будет ясна и физическая природа явления. Эти соображения положены в основу проводимого в первой главе анализа. Накопленные к настоящему времени данные и исследования проведенные автором настоящей работы позволяют восполнить указанные пробелы, чему и посвящено дальнейшее изложение.

### **Выводы к главе I.**

1. Накопленные результаты наблюдений электромагнитных параметров в литосфере, атмосфере и ионосфере в сейсмоактивных районах и развитие теоретических работ указывают на возможность появления источников возмущений электромагнитных полей перед сейсмическими событиями.

2. Данные полевых исследований еще не позволяют делать выводы о природе источников возмущений ЕИЭМП, ЭТП, АЭП и др.

3. Наблюдательные данные свидетельствуют об отличном характере проявления электромагнитных эффектов в различных районах и выбор направлений исследований обусловлен характеристиками каждого региона.

### **Глава 2 "Геологогеофизическая характеристика и сейсмичность районов исследований".**

В главе приводятся сведения о неотектоническом строении территории Кыргызстана. Отмечается, что сведения о тектонических движениях, создавших основные черты современного рельефа Тянь-Шаня заложены в работах О.К.Чедия, В.И.Макарова, В.И.Уломова, И.Садыбакасова, С.А.Несмеянова, А.А.Никонова, А.К.Трофимова, Д.Ч.Якубова, А.В.Тимуша, А.Р.Ярмухамедова, Р.Н.Ибрагимова, В.Г.Трифорова, В.К.Кучая и многих других.

Приведенный материал показывает, что в целом для Тянь-Шаня характерны структуры, которые являются реакцией земной коры на ее субмеридиональное сжатие. Рассматриваемая территория зажата между крупными блоками (плитами) консолидированной в разное геологическое время земной коры: на севере и западе-Центрально-Казахстанский щит и Туранская плита Урало-Сибирской платформы, на юго-востоке-Таримская плита, на юге -Индийская платформа. Некоторые авторы склонны рассматривать Тянь-Шань как единую микроплиту (Ф.Н.Юдахин, Т.Я.Беленович, Т.М.Сабитова) или же как часть микроплиты (Ма Сиюань). Другие (Зоненшайн,Савостин) представляют Тянь-Шань в виде зоны сжатия и пластической деформации.

Исследуемая территория включает горные системы Тянь-Шаня с крупными Чуйской, Иссык-Кульской, Нарынской, Илийской межгорными впадинами, ограниченными рядом хребтов. Согласно схеме тектонического районирования Северной Кыргызстана,

исследуемая территория относится к каледонской складчатой области Северного Тянь-Шанья. Для этого района характерно субширотное простираание основных структурных и орографических элементов. Другой чертой, характерной для большинства впадин Северного и Центрального Тянь-Шаня является их асимметричность, отмеченное рядом исследователей(О.К.Чедия, И.С.Садыбакасов).

Геодинамическая активность региона контролируется сложной блочной инфраструктурой. Здесь выделены системы региональных разломов.

Коллективом авторов (А.Т.Турдукулов, О.К.Чедия, К.Ж.Жанузаков, Б.И.Илясов, К.Е.Абдрахматов и др.) на территории выделены сейсмогенные зоны, в которых возможна генерация и распространение землетрясений интенсивностью от 6 до 9 - 10 баллов. Очаги разрушительных землетрясений приурочены к крупным новейшим и возрожденным древним зонам разломов. Приводятся доказательства (К.Е.Абдрахматов) того, что активные участки разломов в большинстве случаев образовались при импульсных сеймотектонических подвижках. Приведенные факты позволяют предположить, что формирование зон разломов приходит посредством импульсных движений и смещением участков с такими движениями вдоль разлома.

Геофизические поля Чуйской и Иссык-Кульской впадины в основном описываются магнитометрическими, гравиметрическими и геофизическими исследованиями. Наиболее комплексные геофизические исследования Тянь-Шаня приведены Ф.Н.Юдахиним. Структура геофизических полей в целом согласуется с особенностями кристаллического фундамента, но имеются аномальные зоны. Например, аномальное магнитное поле Т характеризуется преимущественно отрицательными значениями, на фоне которых выделяются отдельные и групповые положительные аномалии, различные по величине. Интенсивность поля изменяется от -25 до +70 миллиэрстед (МЭ),его горизонтальный градиент достигает значений 50 мЭ/км. В Северо-Тянь-Шанской области выделяется шесть аномальных зон.

Геоэлектрический разрез. Общей чертой для всех впадин Кыргызтана является уменьшение электрических сопротивлении осадков мезозоя - кайнозоя сверху вниз по разрезу и в направлении от периферии впадин к центральным частям. Удельное сопротивление пород изменяется от 940 Ом.м до 10 Ом.м по разрезу и от 4 до 11 Ом.м в направлении.

Гравитационное поле. Региональное гравитационное поле характеризуется общим понижением значений в направлении с север-северо-запада на юг-юго-восток.

Сеймотектоническая обстановка в республике Кыргызстана весьма сложная. Сложность анализа геоситуаций обусловлена высокой раздробленностью ( блоки и разломы различного ранга), действием на территорию республики геодинамических полей планетарного и регионального масштабов.

## **Выводы к главе 2.**

1. 95% территории Кыргызского Тянь-Шаня относится к 8-9 бальным сейсмическим зонам. Все очаги землетрясений имеют коровую природу;

2. Наиболее сейсмоактивными являются самые молодые разрывы и зоны, где прогибание сменялось поднятием в течение четвертичного времени;

3. Почти все разрушительные землетрясения возникали каждый раз на новом месте, преимущественно, между очагами или на продолжении бывших сильных толчков в пределах одного разлома, т.к. наблюдалась миграция очагов по разломам.

4. Отмеченные сложные геолого-тектонические условия, связь сейсмичности с новейшими движениями земной коры, зонами высоких градиентов изменения поле силы тяжести, а также низкие значения градиентов аномального магнитного поля,

наличие зоны аномальной электропроводности являются необходимыми информативными данными для научно-обоснованной постановки и проведения на территории Кыргызстана электромагнитных исследований по проблеме прогнозирования землетрясений.

### **Глава 3 "Измерительный комплекс для изучения параметров электромагнитных сигналов. Методика стационарных наблюдений и алгоритмы обработки электромагнитных рядов".**

Глава посвящена аппаратуре и методам комплексных исследований. Приводятся технические характеристики установки для измерения параметров естественных электромагнитных полей и радиоволн.

Установка для измерения ЕИЭМП сконструирована совместно с В.И. Ключанцевым на основе методики, разработанной в Томском политехническом институте. Стационарные наблюдения были начаты летом 1978 года. Установка 2-х канальная (для измерения ЕИЭМП в 2-х направлениях) обеспечивает прием и счет импульсных сигналов. Она состоит из следующих узлов: датчика, усилителя, формирователя импульсов и регистратора (шлейфового осциллографа). Датчиком является ферритовая антенна с резонансной частотой 15+1 кГц. Чувствительность установки 2,7  $10^{-4}$  А/м (3  $10^{-4}$  нТ).

Наблюдения проводились в 2-х пунктах - г. Пржевальске (ныне г.Каракол) и пос. Соколовка, расположенных в 60 км друг от друга. Информационным параметром при стационарных наблюдениях ЕИЭМП служила интенсивность исследуемого поля, показателем которой является число импульсов в единицу времени (1 час).

Результаты регистрации ЕИЭМП представляет собой типичный временной ряд, содержащий регулярные составляющие (суточный ход, сезонный ход) и нерегулярные компоненты. Метод счета импульсов превышающих заданный порог дискриминации не позволяло дифференцировать приходящие импульсы по интенсивности т.е. это ограниченная применимость при регистрации дискретных сигналов с заданным порогом, потеря информации об амплитуде и длительности волнового пакета.

На следующем этапе исследований автор ставил перед собой задачу использовать для изучения интенсивности ЕИЭМП, метод регистрации огибающий высокочастотного сигнала, позволил исследовать амплитудно-частотные характеристики сигнала и их эволюции во времени.

В 1989г. организована круглосуточная регистрация ЕИЭМП в Бишкекском прогностическом полигоне. Регистрирующий аппарат имел семь фиксировано настроенных на определенную радиостанцию диапазонов (11,9; 15,10; 17,44; 17,80; 18,60; 19,60; 22,30 кГц), поэтому нами выбирались частота с минимальным временем работы радиостанций для данного пункта регистрации. После анализа регистрограмм каждого канала, был выбран диапазон 17,8 кГц. Диапазон измеряемых напряжений составляло от 1 до 100 мкВ. Уровень шумов регистратора приведенный ко входу, не более 0,5 мкВ. Приемная антенна представляет собой катушку индуктивности с ферритовым сердечником. Добротность приемного контура от 10 до 15. Коэффициент преобразования приемной антенны не менее 30 Вм/А. Принимался сигнал с амплитудой не менее 100  $10^{-4}$  А/м.

В этой же главе рассмотрены также функциональная и принципиальная схемы вибрационного флюксметра (предназначенного для измерения напряженности атмосферного электрического поля (АЭП)), который состоит из модулирующего и измерительного электрода, преобразователя "ток-напряжения". При помещении датчика в

исследуемое электрическое поле колебаний модулирующего электрода периодически изменяют степень экранирования измерительного электрода, в результате чего на последнем индуцируется переменный электрический заряд. Этому переменному заряду соответствует переменный ток во входной цепи преобразователя, на входе которого образуется переменное напряжение, частота которого равна частоте колебания модулирующего электрода, амплитуда пропорциональна величине измеряемой АЭП.

В четвертом разделе главы основное внимание уделено месту электродов в измерительной цепи, как важнейшему звену наблюдений вариаций электротеллурического поля (ЭТП) горизонтального составляющего (традиционном расположении электродов). Обсуждаются возможные способы обеспечения стабильности собственного электрического потенциала, приводятся сведения об особенностях протекания электрохимических реакций в почве - грунтах при заземлении в них свинцовых электродов; делается вывод о том, что принципиально улучшает положения использование неполяризующегося электродов. Предложен вариант неполяризующегося электрода, отвечающий ряду основных требований режимных электротеллурических наблюдений. К числу таких электродов относятся электроды типа "Герлит" и "Траверс", которые использовались в этом эксперименте для контроля за показаниями свинцовых электродов и съемки поля, фильтрации помех и выделения полезного сигнала.

Исходя из того, что градиент давления в горизонтальной плоскости невелик и приводит к небольшим электрическим эффектам, нами с 1992 года были организованы непрерывные измерения вертикальной составляющей ЭТП на скважине. Основанием такого подхода являлся, что в вертикальной плоскости, когда поровая жидкость свободно сообщается с поверхностью, при сравнительно быстрых изменениях объемной деформации возникает большой вертикальный градиент давления вблизи поверхности. Это в свою очередь может привести к значительной величине вариаций ЭТП.

Система для регистрации ЭТП на скважине состоит из двух электродов: первый из которых является стальная обсадка скважины. Длина стального обсадки составляет 1200 м. Второй электрод из медного провода с диаметром 20 мм расположен на глубине 1,5 м вокруг скважины на диаметре 20 м. Сопротивления между электродами составляет 100 ом.

Автором разработаны инструментальные методы картирования разломных структур. Эти задачи являются весьма актуальной при выборе и обосновании мест расположения пунктов локального контроля сейсмической опасности при развертывании сети площадного мониторинга. В связи с этим для картирования разрывных структур использованы электромагнитные методы:

1. Метод анализа пространственных характеристик естественных электромагнитных полей (ЕИЭМП).
2. Метод анализа электромагнитного поля радиопередатчиков в СДВ (сверхдлинноволновый диапазон) поле.
3. Учитывая, что в зонах активных разрывных структур могут быть долгоживущие геохимические аномалии, для их картирования разработан метод контроля приземного озона.

Для изучения пространственных характеристик ЕИЭМП и их связи с динамикой земной коры на территории Иссык-Кульской сейсмоактивной зоны в 1980-81гг. проведены маршрутные наблюдения ЕИЭМП. Объектами измерений являлись хорошо выраженные активные разломы и эпицентры разрушительных землетрясений. Наблюдения выполнялись автомобильными маршрутами с шагом 2-10 км или пешими с шагом 1-2 км. Маршруты проходились за возможно более короткие сроки, чтобы свести к минимуму временные изменения ЕИЭМП. Влияние временных вариаций

контролировалось при помощи анализа записей двух постоянно действующих вариационных станций.

Маршрутные измерения ЕИЭМП выполнялись с помощью портативных переносных счетчиков импульсов с батарейным питанием. Чувствительность станций по входу составляло 100 мВ/м, а область регистрируемых частот лежала в диапазоне 40 Гц - 5 кГц. В качестве приемных антенн использовались либо ферритовые антенны, либо электрические диполи с базовым расстоянием 4 м. Измерения интенсивности поля осуществлялись в двух направлениях: север-юг и восток-запад. Время счета на каждом пункте составляло 5, 10, 30 мин в зависимости от условий наблюдений. Всего выполнено 7 маршрутов. Воспроизводимость результатов наблюдений контролировалась повторными измерениями в тех же пунктах с интервалом в несколько дней.

С целью выделения сигналов литосферного происхождения из общего числа зарегистрированных импульсов проводилось осциллографирование формы сигналов ЕИЭМП с помощью запоминающего осциллографа С8-9А. Регистрация велась на фотопленку сеансами длительностью в 1 час в разное время суток в безгрозовый период в районе разломов Кунгей-Алатоо и Предтерсейского.

Для приема сигналов ЕИЭМП использовался электрический диполь. Сигналы диполя через согласующийся каскад и широкополосный усилитель подавались на вход осциллографа. Чувствительность измерительной установки до полю составляла 5-20 мВ/м.

По методу сверхдлинноволнового зондирования (СДВЗ) эксперименты проводились на установке СДВР-4, применяемой в геофизической разведке по методу радиокип с полосой пропускания 170 Гц на частоте 15,1 кГц и на установке ИПИ-300. Регистрировались амплитуды СДВ сигналов горизонтальной составляющей электрического и магнитного компонент. Измерения проводились при перпендикулярном пересечении Тасминского разлома с шагом 50 м. Определялись разность фаз между Е и Н составляющими поля и модуль импеданса  $Z$ , по которому находилось электрическое сопротивление среды. Определив точки с резкими изменениями значений  $\phi$  и сдвига фаз, замерив расстояния между ними, можно с наибольшей вероятностью судить о ширине разлома.

По методу контроля приземного озона в зонах геологических разломов был использован хемилюминесцентный метод. Суть метода состоит в том, что воздух, забираемый из атмосферы или почвы, прокачивают через мишень, люминесцирующую под воздействием озона. По интенсивности свечения, регистрируемого с помощью фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), определяют концентрацию озона в пробах воздуха. Переносный хемилюминесцентный анализатор озона был выполнен на базе радиометра типа СРП-2. У радиометра вместо кристалла-сцинтиллятора установили камеру с хемилуминофором, через которую насосом прокачивали воздух. Чувствительность усилителя с микроамперметром радиометра составила 10 А/деление. Чувствительность озонометра был 10 г л деление.

Маршруты для проведения измерений концентрации озона выбирали таким образом, чтобы они пересекали геологические разломы и зоны значительных тектонических напряжений. Движение по маршрутам совершали на автомобиле, и на труднодоступных участках пешком. Для уменьшения разброса данных, связанных с короткопериодными вариациями концентрации озона, которые вызваны ветровыми движениями приземного воздуха в каждой измерительной точке маршрута делали 3-4 замера.

В пятом разделе главы анализируются методы обработки экспериментальных рядов. Специфика сейсмопрогнозных исследований, из-за относительной редкости сильных сейсмических события такова, что для получения информативного интервала, требуется длительный ряд фоновых наблюдений. Такие ряды, как правило, имеют пропуски и грубые ошибки, подвержены влиянию техногенных или естественных помех. В силу

технологических или природных особенностей они могут иметь различные дискретности измерений и спектральные составляющие вариаций.

Поэтому, поиск в их структуре аномальных составляющих, обусловленных сейсмогенными процессами и изучение их закономерностей требует многофакторного анализа комплексом методов и приемов. Для этих задач подобраны, частично разработаны пакеты алгоритмов и составлены программы, позволяющие на комбинированной основе производить: поиск грубых ошибок, восполнение пропусков, синтез дискретных рядов, ВЧ, НЧ и полосовую фильтрацию, вариационный, корреляционный, регрессионный и спектральный анализ. Обработка данных выполнен на базе ЭВМ IBM PC-386 / 387 с большими объемом памяти.

Проведенные длительные наблюдения показали соответствие использованных средств и методик требованиям этапа исследований.

### **Выводы к главе 3.**

1. Приводятся технические характеристики установки для измерения параметров естественных электромагнитных полей.
2. Установки для измерение горизонтальной и вертикальной составляющей электротеллурического поля разработаны при участии автора и опробованы в полевых условиях применением различные варианты приемных электродов.
3. На основе анализа известных сведений по регистрации АЭП, в качестве оптимальным выбрана вибрационный способ модуляции АЭП, то есть, так называемый струнный измеритель АЭП.
4. Подобран и модифицирован пакет алгоритмов для обработки геофизических рядов включений:
  - поиск грубых ошибок
  - интерполяцию, заполнение пропусков
  - синтез дискретных рядов
  - спектральный, корреляционный, регрессионный анализ
5. Показана соответствие использованных средств и методик, пакет системных и прикладных программ для вычислений требованиям этапа исследований.

### **Глава 4 "Исследование особенностей ЕИЭМП в сейсмоактивных зонах Кыргызстана".**

В главе рассматриваются закономерности вариации фоновой интенсивности ЕИЭМП, полученные на основе статической обработки материалов стационарных наблюдений методом счета импульсов в двух пунктах - г. Пржевальске (ныне г.Каракол) и пос. Соколовка за период I.1978г. - XII.1981г.

Знание вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМП имеет большое значение для надежного выделения аномалий сеймотектонического происхождения. Поэтому анализу связи аномалий ЕИЭМП с сейсмичностью предшествовало тщательное изучение характера вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМП и их сопоставление с другими геофизическими явлениями, которые могут влиять на фоновые вариации ЕИЭМП.

Результаты синхронной регистрации ЕИЭМП в 2-х пунктах свидетельствуют об идентичности формы и амплитуд вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМП как для отдельных дней, так и для осредненных за месяц суточных ходов, что говорит о хорошей репрезентативности результатов наблюдений.

Анализ графиков среднемесячных суточных ходов за 4-х-летний период наблюдений показал, что суточные вариации фоновой интенсивности ЕИЭМП проявляются во все времена года, но их форма и амплитуды подвержены сезонным изменениям. В зимнее месяцы форма суточных ходов не имеет четко выраженных закономерностей. Намечается ночной максимум и минимум в светлое время суток. В весенне-летний сезон форма суточного хода характеризуется наличием двух максимумов-послеполуденного и ночного. Минимум интенсивности ЕИЭМП приходится на утренние часы. В летний период послеполуденный максимум больше ночного. При переходе к осенне-зимнему сезону наблюдается обратная картина. Амплитуды суточных вариаций летом составляют 4500-6000 имп/час., а зимой - примерно на порядок ниже. От года к году их уровень в соответствующие сезоны может несколько меняться. Характер изменения формы и амплитуд по двум составляющим поля примерно идентичен.

Дисперсия (стандартные отклонения) о среднемесячных суточных ходов составляет в среднем 30%. Аномалиями ЕИЭМП считались отклонения от среднемесячного суточного хода, превышающие + 2-3  $\sigma$ .

Сезонные вариации ЕИЭМП анализировались по графикам среднемесячных значений интенсивности поля. Наибольшие значения интенсивности ЕИЭМП наблюдаются в летние месяцы (июнь-июль), а наименьшие - в зимнее месяцы (декабрь-февраль). Абсолютная величина максимумов составляет 3890 имп/час, а минимумов - 295 имп/час. Величина максимумов и минимумов, а также их положение могут несколько меняться от года к году.

Поскольку в литературе имеются указания о возможном влиянии на характер фоновых вариаций ЕИЭМП метеорологических факторов и вариаций геомагнитного поля, представляло интерес убедиться в наличии этих связей на материале четырехлетних наблюдений ЕИЭМП в г. Пржевальске.

Влияние метеорологических факторов исследовано на основе сопоставления суточных и сезонных ходов ЕИЭМП с данными метеостанции "Пржевальск" и по следующим метеорологическим параметрам: температура воздуха, влажности, облачности, атмосферном давлении, скорости ветра, количестве осадков и близкой грозовой деятельности. Наличие связи с тем или иным параметром определялось путем сравнения временных рядов анализируемых величин.

Для безгрозового периода не обнаружено заметных отличий в характере суточных ходов для дней с резкими изменениями метеорологических параметров по сравнению с днями со стабильными значениями этих параметров (для соответствующих сезонов).

В грозовой период интенсивность ЕИЭМП аномально возрастает. Эти аномалии носят по времени непродолжительный характер и с уменьшением грозовой деятельности быстро спадают. Их средняя продолжительность составляет около часа. В редких случаях они длятся несколько часов. Амплитуды ЕИЭМП во время грозы достигают 7000 имп/час.

Список дней с близкими грозами с указанием времени начала и конца грозы приведен в диссертации в приложении N 1. В зимний период заметные аномалии ЕИЭМП возникают во время снежных бурь или пурги.

Для сезонных вариаций ЕИЭМП также не обнаружено корреляционных связей с перечисленными выше метеорологическими параметрами, кроме числа близких гроз.

При анализе связи вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМП с вариациями геомагнитного поля использованы материалы магнитной обсерватории Алма-Ата, расположенной в 200 км от г. Пржевальска. Методика наблюдений ЕИЭМП позволяла провести сопоставление лишь с длиннопериодными вариациями геомагнитного поля. К ним относятся регулярные спокойные солнечно-суточные вариации ( $S_q$ ) и иррегулярные вариации типа магнитных бурь и бухт.

Для каждого месяца наблюдений сопоставлены Sq -вариации геомагнитного поля и суточные хода ЕИЭМП по 5 международным спокойным дням. Для Sq - вариации характерны неизменность формы в течение года и закономерное возрастание амплитуд от зимних к летним месяцам. Для суточных ходов ЕИЭМП не обнаружено таких строгих закономерностей. Положение утреннего минимума сдвинуто то на более ранние, то на более поздние часы. Положение максимума еще более неустойчиво. В летние месяцы вообще не наблюдается четко выраженных экстремальных значений. Изменение амплитуд с сезоном также не имеет таких строгих закономерностей, как для Sq - вариаций. Это указывает на то, что Sq - вариации геомагнитного поля и суточные вариации ЕИЭМП имеют разную природу.

Сопоставление иррегулярных вариаций геомагнитного поля и возмущений ЕИЭМП не выявило связи обоих явлений. Результаты проведенного анализа даны в виде приложений N 2 и N 3 к диссертации.

Из 103 магнитных бурь за период I. 1978 г. по XII. 1981г., наличие совпадений по времени с возмущениями ЕИЭМП отмечено лишь в 18% случаев, а для бурь (с периодом более часа и интенсивностью более 15 нТ) менее, чем в 10% случаев. Но и для этих случаев совпадение является неудовлетворительным, т.к. интенсивным магнитным возмущениям часто соответствуют умеренные и слабые возмущения ЕИЭМП, и наоборот. Кроме того, начало, конец и длительность отдельных возмущений, как правило, не совпадают.

Таким образом, сопоставление вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМП с метеорологическими факторами и вариациями геомагнитного поля не обнаружило связи между этими геофизическими явлениями.

Основные закономерности вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМП находят свое объяснение в грозовой деятельности на земном шаре и условиях распространения СНЧ - радиоволн в волноводе Земля-ионосфера.

С целью выделения сигналов литосферного происхождения проводилось осциллографирование формы сигналов ЕИЭМП в безгрозовой период в районе разломов Кунгей - Алатоо и Предтерскойского.

В результате осциллографирования было получено около 1000 изображений импульсов ЕИЭМП. Их классификация по форме и длительности импульсов позволила установить, что около 90% зарегистрированных импульсов соответствует типовым формам атмосфериков, наблюдаемых на больших расстояниях от источника (>1500-2000 км). Около 6% наиболее высокочастотных сигналов могло быть вызвано промышленными помехами. Наиболее длиннопериодные сигналы (1%) с периодами 400-500 мкс обусловлены ветровыми помехами.

Группа сигналов с длительностью около 400мкс и периодами 100-200мкс не удалось отождествить с атмосфериками или какими - либо источниками помех. Они оставляют всего 4% от общего числа зарегистрированных импульсов. Была сделана попытка отождествить эти сигналы с импульсами литосферного происхождения, для чего проведено сопоставление этой группы сигналов с сейсмическими событиями в регионе.

Хотя в периоды наблюдений не отмечались события с  $K > 11$ , установлено, что в дни с землетрясениями импульсы этой группы наблюдались в 2 раза чаще по сравнению с сейсмически спокойными днями.

Проведенный анализ формах сигналов ЕИЭМП не позволил однозначно ответить на вопрос, какова форма импульсов, присущая литосферной группе сигналов. Однако, в настоящее время нет принципиальных трудностей для неискаженной регистрации единичного атмосферика и определения направления его прихода и расстояния до источника.

В главе рассмотрены результаты сопоставления наблюдений ЕИЭМП с сейсмичностью и динамикой Земной коры региона.

При выделении аномалий ЕИЭМП сейсмотектонического происхождения прежде всего исключали из анализа контролируемые аномалии несейсмической природы (близкие грозы, пурга, техногенные помехи). Отфильтрованный таким образом временной ряд использовался для сопоставления с сейсмическими событиями.

Отбор для сопоставления сейсмического материала производился с учетом следующих факторов. Во-первых, для анализа отбирались землетрясения с  $M > 4$ , исходя их положений моделей о возможности возбуждения электромагнитных предвестников для события с такими магнитудами. Во-вторых, отбирались события, происшедшее в зоне проявления деформационных предвестников, т.е. в радиусе  $R=e$ , где  $M$  - магнитуда события. Кроме того, рассматривались события в смежных регионах, если им предшествовали резко аномальные возмущения ЕИЭМП. Список отобранных таким образом событий с указанием времени, координат, глубины и магнитуды приведен в табл. N 1. Знаками "+" или "-" отмечено наличие или отсутствие возмущений ЕИЭМП, предшествующих землетрясениям.

Интервал для анализа возмущений ЕИЭМП выбран в 4-5 суток, с учетом данных о периодах возбуждения краткосрочных деформационных предвестников землетрясений.

За период с I. 1978 г. по XII. 1981 г. было отобрано 25 сейсмических события. В 15 случаях были выделены аномалии в регулярном ходе ЕИЭМП, причем в 7 случаях наблюдения проводились в зоне подготовки землетрясений. Перед целым рядом землетрясений выделить возмущения ЕИЭМП было трудно. Для этих случаев считали, что возмущения отсутствовали.

**Таблица I**

-----  
 NN!Чис! Me!Координаты !Время! M !R !R ! Название !Эф  
 ! ло! сяц! эпицентра !ч м ! ! км ! км !землетрясен.! фект  
 -----

1978 г.

1	17	02	43,1	78,1	00,35	4,4	70	78	-	+
2	12	03	42,0	79,8	08,29	5,6	135	256	-	-
3	24	03	42,8	78,6	21,05	6,1	55	420	Жаналыш- Тюпское	+
4	14	04	41,2	75,3	06,11	4,4	295	78	-	+
5	25	04	43,8	76,7	03,33	4,4	150	78	-	-
6	16	09	33,2	57,5	15,35	7,2	2000	1250	Иранское	+
7	8	10	39,2	74,4	14,20	6,1	700	420	-	-
8	19	10	39,9	76,8	16,08	4,4	312	78	-	-
9	1	11	39,2	72,36	19,17	6,7	600	760	Алайское	+
10	2	11	39,26	72,30	06,24	5,6	600	256	Алайское	+

1979 г.

11	6	04	42,0	77,5	18,30	5	105	140	Барскаунское	+
----	---	----	------	------	-------	---	-----	-----	--------------	---

12	9	05	42,1	79,1	18,41	5	75	140	-	+
13	22	05	42,1	75,9	14,48	4,4	200	78	-	-
14	7	09	41,5	75,2	15,39	4,4	235	78	-	+
15	25	09	45,0	77,0	13,05	5,6	320	256	Баканасское	+
16	15	11	41,4	72,68	01,33	4,4	487	78	-	+
1980 г.										
17	15	02	41,0	78,8	09,09	4,4	160	78	-	+
18	06	03	41,6	75,7	01,44	4	320	60	-	-
19	19	03	41,2	75,2	00,42	4,4	280	78	-	+
20	5	07	41,9	77,5	20,25	5,6	118	256	Барскаунское	+
21	4	09	44,3	79,13	06,47	4,4	200	78	-	-
22	31	07	39,30	74,48	19,03	5,3	450	140	-	+
1981 г.										
23	3	03	39,19	72,36	05,52	6,1	625	300	-	-
24	23	04	40,0	75,6	09,47	4,6	357	80	-	-
25	30	08	42,9	78,45	04,04	4,6	75	80	-	-

R - эпицентральное расстояние для ст. "Пржевальск"

R - зона проявления деформационных предвестников

С целью исследовать амплитудно-частотные характеристики сигнала и их эволюции во времени, а также позволить получить важные сведения о спектральном характере аномального ЕИЭМП непосредственно перед землетрясениями с 1989 года были начаты в Бишкекском полигоне наблюдения вариаций ЕИЭМП методом регистрации отгибающего сигнала частоте 17,8 кГц. Рассматриваются закономерности вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМП. Спектральный анализ осредненных суточных ходов, показал, что наибольшую интенсивность имеют гармоники 24 часов и 6 часов. Пики меньшей интенсивности имеют периоды 3,6 часа и 2,3 часа.

Произведен анализ суточных ходов ЕИЭМП, приуроченных землетрясениям. Обнаружено, появления 18 и 13 часовой гармоники в спектре среднемесячного суточного хода с активизацией сеймотектонических процессов.

#### Выводы к главе 4.

1. Синхронные наблюдения в г. Пржевальске и пос. Соколовка в период с I. 1978 г. по XII. 1981 г. показали близкое подобие в изменении формы и амплитуд вариаций фоновой интенсивности естественного импульсного электромагнитного поля на территории Иссyk-Кульской сейсмоактивной зоны, что свидетельствует о хорошей репрезентативности результатов наблюдений.

2. Регулярные вариации фоновой интенсивности ЕИЭМП показали, что амплитуды суточных вариаций наибольшие летом и наименьшие в зимние месяцы. В весенние и осенние месяцы они примерно одинаковы и являются средними между летними и зимними значениями. Форма суточных ходов в зимние месяцы более сглажена и не имеет четко выраженных закономерностей. При переходе к весенне-летнему сезону они изменяется и характеризуется наличием двух максимумов-послеполуденного (16 час) и ночного. При переходе к осенне-зимнему сезону послеполуденный максимум становится менее интенсивным и постепенно исчезает.

3. Дисперсия  $\sigma$  (среднеквадратичные отклонения от среднемесячных суточных ходов ЕИЭМП) свидетельствует о том, что возможные колебания уровня фона составляют в среднем 30%. Поэтому аномальными изменениями следует считать отклонения от уровня фона  $\pm 2 - 3 \sigma$ .

4. Сопоставление регулярных вариаций естественного импульсного электромагнитного поля с метеорологическими факторами в районе наблюдений не обнаружено между ними четко выраженных связей, кроме близких гроз и пурги. Эти дни должны исключаться из анализа связи вариаций ЕИЭМП с сейсмичностью.

5. Сопоставление суточных ходов ЕИЭМП с  $S_q$  - вариациями геомагнитного поля и возмущенных периодов ЕИЭМП с иррегулярными вариациями типа магнитных бурь и бухт не обнаружило связи между этими явлениями.

6. Сопоставление аномальных возмущений ЕИЭМП с сейсмическими событиями в радиусе действия деформационных предвестников показало, что они наблюдаются преимущественно при землетрясениях, приуроченных к зонам разломов.

В результате оциллографирования форм импульсов ЕИЭМП и их классификация по форме, длительности выделено 7 групп сигналов имеющие амплитуды 20-100 мВ/м с длительностью  $\tau = 50 - 100$  мкс.

Показано, что подавляющее число импульсов (94%) относятся к атмосферикам. Поэтому большинство аномалий ЕИЭМП связаны с изменением параметров волновода Земля - Ионосфера.

7. Особенности аномальных возмущений ЕИЭМП при сейсмических событиях с  $K > 12$ , лежащих в радиусе действия деформационных предвестников и вне этой зоны, заключается в следующем:

- нарушается регулярность суточного хода ЕИЭМП
- изменяется интенсивность регулярных максимумов, превышающих дисперсию суточных ходов в 2 и более раза,
- максимальные эффекты в возмущениях ЕИЭМП всегда предшествует акту землетрясения,
- длительность возмущений составляет от нескольких часов до нескольких суток.

8. На значительном статическом материале исследовались морфология, пространственно-временные характеристики ЕИЭМП методом огибающего сигнала. Установлены следующие закономерные особенности аномалий ЕИЭМП:

- установление почти постоянного фона в течении длительного времени в ночное время суток.
- увеличение амплитуды кратковременных пульсаций (импульсов) и их количества.
- перед землетрясениями в спектре часовых значений огибающий ЕИЭМП появляется два пика с периодами 18 и 13 часов.

9. В акте землетрясения изменений уровня ЕИЭМП не обнаружено; даже в их случаях, когда приемные станции находились в эпицентральной зоне.

## **Глава 5 "Электротеллурическое поле (ЭТП) и сильные землетрясения".**

Изменены закономерности проявления аномальных эффектов в ЭТП сейсмического происхождения и установлены параметры в аномальных проявлениях, которые указывают на связь с землетрясениями.

В разделе, посвященном наблюдениям горизонтальной составляющей ЭТП в 1988-90гг на Иссык-Атинском разломе приведены примеры аномальных изменений ЭТП длительностью около 1,5 месяца перед местными землетрясениями с  $K > 12$  и

эпицентральных расстояниями от 15-26 км. Показано, что обнаруженные аномалии величиной до 25 мВ перед землетрясением 5.03.89 г. с  $K = 12.6$  не носят сезонного характера. Характерной особенностью выполненных измерений оказывается то обстоятельство, что аномалии фиксируются не всеми измерительными диполями, что прямо указывает на локальный и ориентированный источник возмущения. Сопоставление полученных данных с особенностями геологического строения (электросопротивления по данным электроразведки) позволяет предположить, что аномалии связаны с местными геоэлектрическими особенностями, в зоне которых расположены приемные линии.

Сопоставление ЭТП с временных ходов  $dz$  магнитного поля показывает, что бухтообразный аномальных изменений магнитного поля, непосредственно предваряющие землетрясение и возникающие в фазе смены знака магнитного поля, обусловлены заключительной фазой электромагнитных явлений, связанных с динамическими процессами в земной коре. Видимо это связано с тем, что в течение некоторого времени происходит изменение состояния горных пород, которое сопровождается соответствующим изменением их намагниченности.

В структуре ЭТП горизонтального составляющего всегда проявлялись высокочастотные короткопериодные аномалий перед всеми землетрясениями с  $K > 9$ , причем по анализу возмущений, фиксируемых на линиях различной ориентации, делается вывод о возникновении в период подготовки местных землетрясений эти короткопериодные аномалии хорошо фиксируется на линии расположенного по простиранию разлома. Полученные результаты подтверждают предположение о том, что источники аномальных изменений ЭТП не совпадают с собственно очаговой зоной готовящегося сейсмического события, а связаны с очагом опосредованно через деформацию блоковой среды, т.е. имеют вторичное происхождение. Здесь можно отметить, что на станции расположенной на расстоянии 20 км к западу от эпицентра землетрясения (5.03.89), так и на станции Ала-Арча (на расстоянии 15 км к югу) отмечается понижение ЭТП горизонтальной составляющей, а на ст. Белогорка, на расстоянии 35 км не отличается такого эффекта, тем самым подтверждается мозаичного контроля предвестников макроразрушения.

Многолетний опыт постановки и проведения работ по регистрации горизонтальной составляющей ЭТП в мире дает основание утверждать, что уверенное выделение аномальных изменений в структуре поля встречает определенные трудности, связанные, в первую очередь, с несовершенством датчиков. То есть, непостоянство во времени собственной поляризации электродов вследствие неравномерности электродных процессов, протекающих в области заложения датчиков, приводит к появлению возмущений поля, морфологически подобных аномальным.

Учитывая все вышеперечисленные недостатки неполяризуемых электродов, мы при регистрации вертикальной составляющей ЭТП, впервые использовали нетрадиционный метод подбора электродов (см. гл.3). Выбор такой нетрадиционный подход по использованию электродов связано с двумя причинами:

1. Скважина и даже колодец является чувствительными объемными деформометрами и прямо отражают изменения напряженно-деформированного состояния в земле;

2. Изменения уровня, барометрического давления воды и значительной литологической неоднородности участка и различии пород по удельному электросопротивлению для мест залегания осадки создают неравномерность электрохимических процессов на поверхности металлического электрода (в нашем случае обсадки). Форма связи уровня воды и ее количества в значительной мере определяет характер протекания электрохимических процессов. В результате создаются вариации электродного потенциала различной амплитуды и длительности.

По исследованию аномальных особенностей ЭТП вертикальной составляющей отмечается, что перед землетрясениями аномалии выделяются не на всех диапазонах частот, а большинстве случаев они обнаруживаются в диапазоне частот 0,01 - 0,1 Гц, 1 Гц редко 1 - 9 кГц. Характер аномалий отличался в различных диапазонах частот. Обнаружены впервые в диапазоне 1 Гц "П-образные" сигналы сейсмического происхождения. Такая форма сигнала наблюдалась только в периоды времени, приуроченных к землетрясениям с  $M > 4$ . События меньшей магнитудой не предваряются отчетливыми "П-образными" вариациями поля на тех же эпицентральных расстояниях.

Длительность "П-образные" всплески составляют 10-60 минут и проявлялась в большинстве случаев за 6-8 суток до главного толчка. Исключением является Суусамырское землетрясение с  $M=7.3$ , где "П - образные" сигналы обнаружены за 75 суток до события.

С 1992 г. по 1997 году всего произошло 29 землетрясений с  $M > 3,8$  на расстоянии от пункта наблюдений ЭТП 120-455 км. Из них в 15 случаях до главных толчков зарегистрированы "П-образные аномалии, где эпицентральные расстояния в основном" располагались 300 км.

В результате анализа длительных рядов наблюдений выделены 2 типа землетрясений, характеризующиеся количеством дней в течении которых появляются "П-образные" сигналы. К первому типу относятся землетрясения, для которых возмущения проявляются не более 1 суток. Ко второму типу землетрясений относятся возмущения, наблюдавшиеся более 1 суток. Анализ места расположения эпицентров этих типов землетрясений, относительно существующих активных разломов на территории Кыргызстана показал, что для первого типа очаги землетрясений находятся в зонах имеющимся разломов, а для второго типа землетрясений - с образованием новых разрывных нарушений среды. Такой процесс хорошо наблюдается перед Суусамырскими землетрясением (19.08.92,  $M = 7,3$ ).

На основе анализа геоэлектрической обстановки на площади наблюдения с привлечением данных деформометрических измерений и уровнем подземных вод делается предположение, что этот предвестник ЭТП верт. обусловлен значительными изменениями напряженно - деформированного состояния в области регистрации, и в особенности, зоны близкорасположенного Иссык-Атинского разлома, где отмечены максимальные изменения гидродинамики.

Полученные данные отчетливо указывают на зависимость регистрируемых эффектов от геологического строения региона. Информативность измерений позволяет сделать вывод не только о возможности контроля за напряженно - деформированным состоянии земной коры в регионе по наблюдениям на сети станций, но и целесообразности выделения разработанных методов и аппаратуры в практику краткосрочного прогноза землетрясений.

## **Выводы к главе 5.**

1. С целью изучения вариаций электротеллурического поля, его изменений во времени и связи с сейсмичностью созданы пункты наблюдений на территории Бишкекского геодинамического полигона Кыргызстана.

2. В результате проведенных опытно-методических работ, режимных наблюдений за вариациями горизонтальной составляющей электротеллурического поля, начатых в 1988 г, опробованы в полевых условиях и при длительной эксплуатации различные варианты приемных электродов.

3. Оценена изменчивость естественных ЭТП гор. во времени для выяснения фона района работ. Определено влияние сезонных изменений и различного рода помех. Изучен характер вариаций горизонтальной составляющей электрогеотеллурического поля, обусловленный изменением режима влажности среды.

4. Опробованы алгоритмы и программы оперативной обработки данных регистрации горизонтальной составляющей электрогеотеллурического поля с целью выделения аномальных вариаций, предшествующих землетрясениям, позволяющие сделать следующие выводы:

а) большинство сейсмических событий с  $K > 9$  претворялись или сопровождалось аномальными вариациями поля горизонтальной составляющей ЭТП, при условии, что станция регистрации располагалась в пределах зоны подготовки землетрясения (слабые землетрясения).

б) аномалии имеют характерную длительность в несколько суток, и достигают 25 мВ при длине линий 200 м. Отмечены бухтообразные искажения поля длительностью до 1,5 месяцев.

5. Рассмотрена ретроспективная модель для прогноза близких землетрясений, использующая значения горизонтальной составляющей ЭТП, равные или больше 3 о. Показано что модель работает за трое суток до события (см. таб. 5.1.1.).

6. Разработан и опробован в полевых условиях новый тип датчиков, а также технология его изготовления и их установки для регистрации вертикальной составляющей электрогеотеллурического поля на скважине.

7. Осуществлены круглосуточные многолетнее (1991 - 1997гг) наблюдения вертикальной составляющей ЭТП на скважине N 1240 в трех частотных диапазонах.

8. Анализ вариаций фоновых значений по результатам наблюдений в течение 1991-97гг позволил установить на выбранных частотах регистрации среднемесячные суточные хода и сезонные вариации уровня ЭТП. Наименьшие значения ЭТПверт. наблюдаются в зимний период (декабрь - февраль), а наибольшие в летний период (июль - август). Абсолютная величина максимумов и минимумов для одних тех же сезонов, а также их положение незначительно меняется от года к году.

9. Проведена оценка влияния на ЭТПверт. нерегулярных помех, которые своим воздействием могли вызывать аномалии несейсмического происхождения. Были детально изучены записи ЭТПверт. в периоды проявления близких гроз, геомагнитных возмущений, изменений метеорологических параметров (дождь, снегопад, туман, давление, температура, скорость ветра) и промышленных помех. В качестве критериев оценки их воздействия на ЭТПверт. анализировались следующие характеристики: характер возмущений, их продолжительность и признаки отличия.

10. Из анализа данных ЭТПверт. перед землетрясениями сделаны следующие выводы:

а) аномалии выделяются не на всех диапазонах частот, а в большинстве случаев они обнаруживаются в диапазоне 0,01 - 0,1 Гц и 1 Гц, редко - 1 - 9 кГц.

б) Характеристики аномалий отличались в различных диапазонах частот:

- в диапазоне 0,01 - 0,1 Гц возмущения имеют форму записи сейсмических волн, т.е. более высокочастотные возмущения на фоне спокойной уровня поля.

- в диапазоне 1 Гц сигналы сейсмического происхождения отличались на записи ЭТПверт. резкими "П-образными" всплесками уровня. По амплитуде "П-образные" всплески в несколько раз превышают уровень фоновых значений. Такая форма сигнала наблюдались только в периоды времени, приуроченные к землетрясениям, что позволило принять ее за образ сигнала-предвестника. Длительность "П-образные" всплески составляют 10-60 минут. Проявление за 6 - 8 суток до главного толчка - в диапазоне 1 - 9 кГц возмущения наблюдались в виде всплеска уровня поля, модулированного высокочастотными составляющими большой интенсивности.

11. Анализ сопоставления сигналов сейсмического происхождения ЭТПверт. с данными гидродинамики и деформометрии указывают на их связь с изменениями ЭТПверт.

12. По результатам анализа возмущений ЭТПверт. сейсмического происхождения выделен образ сигнала - предвестника, который можно использовать в перспективе как достоверный признак готовящегося землетрясения.

## **Глава 6 "Аномалии атмосферно-электрического потенциала в сейсмоактивных регионах Кыргызстана. Наблюдения биореакций живых организмов".**

В шестой главе диссертации изложены результаты исследования аномальных вариаций атмосферно-электрического потенциала (АЭП) и биореакции живых организмов, предшествующих землетрясениям.

Отрывочные факты накопленные до настоящего времени по измерению АЭП в сейсмоактивных районах не составляют необходимой статистики для научно обоснованных выводов.

Достоверные свидетельства существования аномальных возмущений в параметрах атмосферного электричества в сейсмоактивных областях важны, прежде всего вместо для понимания физических процессов, имеющих место в зоне подготовки землетрясения, и целей их прогнозирования.

Для проверки принципиальной возможности существования пространственно неоднородного электрического поля в атмосфере были проведены прямые наблюдения с использованием струнного вибрационного измерителя АЭП в районе активного процесса деформированная в эпицентральной зоне Суусамырского землетрясения (19.08.92,  $M=7,3$ ,  $R=120$ км) и вне эпицентральной зоне Кочкор-Атинского землетрясения (15.05.92,  $M=6,2$ ,  $R=280$  км).

Аномальное поведение АЭП на расстоянии 120 км началась за 43 часов до главного толчка Суусамырской землетрясение. Сначала наблюдается первый максимум АЭП 17 августа с 9 до 20 часов с длительностью 11 часов, затем восстановилось нормальное значение. 18 августа с 9 до 12 часов наблюдается второй максимум с длительностью 3 часа. Затем наблюдалось резкое уменьшение величины напряженности АЭП до 50 В/м и этот уровень держаться в течение 14 часов. За час до толчка АЭП вновь начала быстро изменяться и в момент толчка восстановилась ее нормальное значение. После главного толчка вновь увеличивается уровень доходя до 280 В/м и через 3 часа возвращается почти прежнему уровню.

Интересно отметить изменения АЭП перед афтершоком от 23 августа ( $K=11,8$ ,  $R=120$  км). За 16-19 часов до толчка отмечалось уменьшение значений АЭП с последующим двукратным переходом через нулевое значение и восстановлением полярности.

Наиболее интересный эффект депрессии поля наблюдалось на ст. Чолпон-Ата расположенный 300 км от эпицентра Суусамырского землетрясения. Аномальное поведение АЭП началось около 03.30 часов местного времени; примерно 4,5 часа до главного толчка началось уменьшение АЭП с изменением ее знака на противоположный фаза отрицательного значения поля продолжалась около 2-х часов, после произошло восстановление знака и значений АЭП близким к формам. То есть, синхронные наблюдения АЭП на двух пунктах перед сильнейшим землетрясением показывают различную морфологию возмущений и отличный характер развития процесса.

Перед Кочкор-Атинским землетрясением за 27 часов до толчка наблюдалось возмущения АЭП и длился 8 часов, затем в течение 14 часов подобно перед

Суусамырским землетрясением уровень изменений АЭП варьируется в пределах 50В/м и за 5 часов наблюдается снова повышения уровня АЭП до 210 В/м. Фаза увеличенных значений продолжалась примерно 3 часа и в момент толчка восстановилось ее нормальное значение.

Перед афтершоками 16 мая ( $K = 11,4$ ) и 19 мая ( $K = 11,8$ ) наблюдалось за 6 и 7 часов до толчка соответственно, отмечалось уменьшение значений АЭП с последующими одна и двукратным переходом через нулевые значения и восстановлением полярности. Следует также отметить, что уровень отклонений АЭП перед афтершоками, более удаленном эпицентра землетрясения значительно превышает (500 - 1000 В/м), чем перед первым Суусамырским землетрясением.

Из полученных данных следует, что наблюдается некоторая закономерность аномального хода АЭП перед афтершоками землетрясений в отличие от главных толчков. Аномалии заключаются в отношении от фонового значения в сторону уменьшения, как правило за 6-7 часов до толчка, с переходом через нулевой уровень, с последующим восстановлением знака и величины АЭП. Перед главными толчками землетрясений наблюдается уменьшенный уровень "замирания" АЭП в течение 14 часов. Этот, по-видимому, подтверждает возможность использования АЭП в качестве оперативного предвестника землетрясений в комплексе с другими методами, например, ЕИЭМП.ЭТП, гидрогеодинамика, деформацией.

Локальность регистрации возмущений АЭП, дополнительные сведения о выделении газов, свечении атмосферы перед Суусамырским и Кочкор-Атинским землетрясениями довели основания для изучения возможных аномалий в поведении живых организмов.

Накоплен достаточно большой фактический материал по регистрации аномального поведения животных перед землетрясениями методом опроса населения в эпицентральных зонах после первого толчка. Для анализа связи аномального поведения животных с сейсмичностью региона отбирались события с магнитудой  $M > 4$ , начиная с 1970г. лежащие - в зоне проявления деформационных предвестников. Было проанализировано около 4 тысяч случаев в очагах 15 землетрясений.

Наблюдается, с увеличением магнитуды землетрясений увеличивается расстояние регистрации аномального поведения домашних и диких животных, в том числе беспозвоночных, рыб, пресмыкающихся, млекопитающих и птиц. Интересно отметить, что при  $R = 0 - 10$  км не всегда наблюдается нарушение поведения животных, а начиная с  $R = 10 - 50$  км почти все виды животных сигнализируют о предстоящем событии.

К сожалению подавляющее большинство данных об аномальном поведении животных перед землетрясениями получено ретроспективно, с использованием субъективных критериев выделения аномалий.

Безусловно аномальное поведение живых организмов перед сильнейшими землетрясениями в настоящее время нельзя рассматривать в качестве предвестников. Но наблюдения аномального поведения живых организмов указывают на проявление определенных особенностей действующих геофизических полей. Обращает внимание, что перед Суусамырским землетрясением на расстоянии 20-45 км в восточном простирании от эпицентра наблюдались почти непрерывные аномальное поведение живых организмов (от десятков минут до нескольких суток).

Аномально вели одни и те же виды. Причем в пользу действия двух факторов: инфразвук (низкочастотный гул, отмечаемый перед всеми землетрясениями в Кыргызстане) и выделение литосферных газов (активизируемое при возбуждении инфразвука), указывают резкие колебания атмосферного электрического потенциала (контролирующего изменением проводимости приземной атмосферы), наблюдавшиеся на расстоянии 120км. Эти процессы наиболее вероятны и крупномасштабны на стадии распада главного очага и существенно более локализованы на афтершоковой стадии.

Наблюдения за изменениями АЭП указывают еще на один действующий фактор. Фиксируются два типа аномалии: 1 тип - изменения АЭП, уменьшение или увеличение сигнала в пределах естественного знака электрического поля; 2 тип - резкие колебания АЭП со сменой знака. Подобные резкие аномалии АЭП наблюдали при мощных промышленных взрывах (Анисимов С). При взрывах аномальный период не превышался 1 часа. В представленных иллюстрациях диссертации аномальный период длится несколько часов (5- 14ч) и повторяется, что указывает на определенную периодичность действующих факторов. Природа аномалий АЭП с резкой сменой знака может быть связана с процессами электризации выделившихся углеводородных газов и механоэлектрическими процессами поверхностном слое. Вероятно, что характер этих процессов и динамика их развития будут зависеть от геологических условий в месте контроля.

### **Выводы к главе 6.**

1. Наблюдается некоторая закономерность аномального хода АЭП перед землетрясениями и их афтершоками. Аномалии заключаются в отклонении от фонового значения в сторону уменьшения за 6-7 часов до толчка, с переходом через нулевой уровень, с последующим восстановлением знака. Аномалии такого типа как правило, всегда сопровождаются при афтершоках. Перед самым главным толчком наряду максимумов АЭП наблюдается уменьшенный уровень "замирания" с длительностью =10 -14 часов. Природа аномалий АЭП связывается с процессами электризации выделившихся углеводородных газов и механоэлектрическими процессами в поверхностном слое земли.

2. Произведено ретроспективный анализ данных об аномальном поведении животных перед землетрясениями на территории Кыргызстана. Показано, что биореакции живых организмов на заключительной стадии подготовки сильнейших землетрясений является практически обязательным сопутствующим фактором. Это дает основание рассматривать и учитывать в работах по краткосрочному прогнозу новые методы контроля, такие как мониторинг инфразвука.

### **Глава 7 "Исследования и разработка методов инструментального картирования разломных структур".**

Приуроченность эпицентров землетрясений с аномальными эффектами ЕИЭМП к зонам разломов свидетельствует о наличии вдоль них активных тектонических подвижек, обусловленных геодинамическими процессами в земной коре.

Этот факт подтверждается результатами маршрутных измерений, проведенных в зонах наиболее активных разломов. В результате этих наблюдений были обследованы зоны Предтерекской, Транс-Иссык-Кульского, Джиргаланского, Тасминского, Кунгей-Заилийского, Талды-Суйского, Культорского, Южно-Аксайского разломов, а также эпицентры разрушительных Сарыкамышского (1970 г.) и Жаланаш-Тюпского (1978 г.) землетрясений.

Измерения показали, что все зоны активных геологических разломов характеризуются повышенным уровнем ЕИЭМП. Максимальный уровень интенсивности наблюдался на составляющей поля, ориентированной вдоль зоны разломов. Повышенная интенсивность ЕИЭМП над разломами подтверждена повторными наблюдениями по всем маршрутам.

Детализировочные работы над Тасминским и Джиргаланским разломами с шагом 0,2 - 0,5 км выявили пруроченность максимума аномалий ЕИЭМП к осевой части разломов. Интенсивность ЭИЭМП над осевой частью Джиргаланского разлома возростала в 25 раз, а Тасминского - в 10 раз.

Не исключена возможность, что геологический разлом при активизации геодинамических процессов сам может являться источником генерации импульсного электромагнитного излучения. Однако, наиболее вероятно, полученные данные свидетельствует о том, что аномалии ЕИЭМП перед землетрясениями и в зонах активных разломов могут быть связаны с изменением условий прохождения атмосфериков в волноводе Земля-ионосфера при подготовке землетрясений. Эти наблюдения укладываются в рамки модели вторичных источников в атмосфере (ионосфере), возбуждаемых при крупномасштабных процессах в земной коре.

Как было указано выше, геологический разлом сам может источником импульсного электромагнитного излучения в период сейсмической активности, приводить к вопросу, где именно организовать пункт регистрации параметров электромагнитного поля. Для этого весьма важным является знать ширины зоны разлома т.е. ширина его области активного динамического влияния (ОАДВР), где намечается произвести регистрации параметров электромагнитных полей. На сегодняшний день информация по количественной оценке ширины ОАДВР крупных разломов остается малоизученным параметром, т.е. для разломов большей протяженности определение их латеральных границ по комплексу признаков носит всегда приблизительный характер. Картирование геологических разломов осуществляется в основном геологическими методами.

Один из геофизических параметров для определение их латеральных границ является изменения относительного электрического сопротивления горных пород ( $\rho$  эфф) в зоне разлома. Для этой цели проводились измерения разности фаз между Е и Н составляющими СДВ поля и модуль импеданса Z при пересечении Тасминского разлома. Измерения показали, что полученные результаты позволяют определить границы разломов. В зоне разлома было характерно увеличение относительного электрического сопротивления по сравнению с общим фоновым уровнем. Параллельные исследования фазового сдвига между Е и Н - составляющими СДВ-сигнала, показывают изменения фазы в приграничных слоях разлома. Определив точки с резкими изменениями значений  $\rho$  эфф и сдвига фаз, замерив расстояния между ними определили ширину Тасминского разлома. Она составила 160 м., когда геологи предполагают 400 м. Повторные измерения показали устойчивость результатов.

В зоне разлома происходит трещинообразование в породах, возникновение высоких электрических полей и разряды в свежееобразованных трещинах. В связи с этим предполагали, что электрические разряды в горных породах, в условиях их естественного залегания будут генерировать озон. В лаборатории озон наблюдается всегда после электрического разряда в воздухе. Озон может возникать в литосфере в районах с весьма высокими градиентами скоростей современных тектонических движений горных масс, где велики тектонические напряжения и процесс трещинообразования идет постоянно. Необходимые условия для наблюдения на поверхности Земли поступающего из литосферы озона - это трещиноватость пород, их инертность к озону и наличие каналов для выхода глубинных газов. Глубинные разломы рассекающие земную кору вплоть до верхней мантии, способны обеспечить выход на поверхность Земли мантийных газов, в том числе кислорода и озона.

Наблюдения эманаций литосферного озона были проведены нами в районе Иссык-Кульской впадины и ее горного обрамления. Максимумы концентрации озона имели место в зонах разломов. 15 кривых, построенных по результатам измерений на маршруте пересекающему Джиргаланский и Тасминский разломы в августе-ноябре 1980 г,

иллюстрируют воспроизводимость пространственного распределения концентрации озона и надежность вывода о повышенной концентрации озона над геологическими разломами.

Сравнительные измерения показали, что концентрация озона в почвенном воздухе в зоне разлома на порядок больше чем, в атмосферном. Предполагается различные причины генерации озона в недрах Земли.

### **Выводы к главе 7.**

1. В результате проведенных маршрутных измерений обнаружено, что все зоны тектонических разломов характеризуются повышенным уровнем ЕИЭМП. Максимальный уровень интенсивности наблюдается на составляющей поля, ориентированной вдоль зоны разломов.

2. Методом анализа электромагнитного поля радиопередатчиков в СДВ диапазоне, точно определены размеры ширины Тасминского разлома.

3. Обнаружена высокая концентрация озона приземного слоя атмосферы в зонах геологических разломов и зонах с высокими градиентами скоростей современных вертикальных орогенических движений. Сравнительные измерения показали, что концентрация озона в почвенном воздухе в зоне разлома на порядок больше, чем в атмосферном. Эти факты объясняются поступлением в атмосферный воздух значительных количеств озона из литосферы.

## **Глава 8 "Комплексный анализ результатов исследования электромагнитных явлений на территории Кыргызстана".**

В главе обобщены и анализированы результаты комплексных исследований электромагнитных явлений, связанных с сеймотектоническими процессами в земной коре, рассмотрены их физические механизмы.

На основании анализа результатов исследования электромагнитных явлений на территории Кыргызстана, оценены пространственно-временные и амплитудные характеристики и особенности проявления аномалий ЕИЭМП, АЭП, ЭТП.

Обсуждается возможной природы источников возмущений ЕИЭМП. Из приведенных данных в диссертации можно сделать вывод, что возможный источник возмущений ЕИЭМП не связан прямо с механоэлектрическим процессам. Он не лежит в поверхностном слое земной коры, в противном случае при регистрации ЕИЭМП в эпицентральных зонах можно было бы выявить эффекты непосредственно в акте события, или при прохождении под антеннами упругих волн. Источник активного излучения в верхней атмосфере также представляется не достаточным для объяснения эффектов от близких и весьма далеких землетрясений, связанных с явлениями "замирания" (ослабления ночного максимума), чередующихся со "всплесками" интенсивности поля.

Поэтому наиболее вероятным представляется возбуждение в верхней атмосферно-нижней ионосфере на заключительной стадии подготовки землетрясений областей с повышенным уровнем ионизации, приводящим к изменениям условий распространения атмосферников непосредственно в над эпицентральной и соседних с ней областях (имеется ввиду появление области повышенной ионизации в Д - слое).

Это точка зрения подтверждается в работах С.С.Хусамиддинова, К.А.Каримова, В.И.Дробжева и др., И.Л.Гуфельда.

В наших результатах это подтверждается при регистрациях в зоне подготовки землетрясений и вне ее, а также синхронностью развития возмущений поля в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Причем область возмущений при прохождении атмосфериков имеет порядок или превышает размеры эпицентральной зоны. Однако из приведенных данных механизм возбуждения в верхней атмосфере областей с повышенной ионизацией остается пока не ясным.

В этой же время полученные данные позволяют по этому вопросу дать определенные соображения. Основой для этого являются данные по возмущениям ЕИЭМП перед землетрясениями, приуроченными к крупным разломам. Преимущественный характер такой связи может отражать особенности сеймотектонических процессов в зонах разломов, предшествующих сейсмическим событиям. Известны сообщения об увеличении перед землетрясениями скоростей формирования земной коры по границам блоков и разломов, которые могут привести к крипу или подвижкам. Эти процессы являются крупномасштабными. Именно крупномасштабные деформационные процессы могут оказать влияние на параметры ионосферы (верхней атмосферы). Учитывая краткосрочный период проявления аномалий ЕИЭМП, отражающих изменение условий прохождения электромагнитных полей, необходимо рассматривать новые факторы, а именно: инфразвуковые волны, возникающие при распаде очага, и изменение проводимости приземной атмосферы за счет активизации выхода углеводородов и радиогенных газов.

Обнаружение и исследование аномалии АЭП перед землетрясениями 18.03.89г, 26.05.87г, 19.08.92г с  $M > 4 - 7,3$  могут служить подтверждением взаимосвязи вариаций АЭП в воздухе с инфразвуковыми колебаниями поверхности, так как, источники инфразвука тесно связаны с деформационными процессами в среде. Природа аномалий АЭП с резкой сменой знака может быть связана с процессами электризации выделившихся углеводородных газов и механоэлектрическими процессами в поверхностном слое. Вероятно что, характер этих процессов и динамика их развития будут зависеть от условий в месте контроля.

С целью повышения достоверности выделения сейсмоаномальных эффектов проведен анализ возможных помех естественного происхождения. В частности рассмотрение техногенных, метеорологических и геомагнитных факторов показало, что сейсмоаномальные эффекты в структуре ЕИЭМП, ЭТП, АЭП - это самостоятельные явления, уверенно выделяемые на фоне излучений иной природы.

Полученные в результате этих исследований результаты подтверждают высокую информативность исследуемых параметров для индикации деформационных процессов в земной коре.

Немаловажное значение для прогноза землетрясений имеет оптимизация сети режимных электромагнитных наблюдений. Оптимизация сети заключается в определении минимального количества пунктов, с помощью которых можно получить полную картину аномальных изменений электромагнитного поля Земли, учитывая наличие крупномасштабных сейсмогенных зон и локальных наиболее информативных участков контроля деформационных процессов. Принципы - чем больше количество станций и пунктов, тем полнее будет информация экономически не выгоден и физически не оправдан. Поэтому необходима разработка инструментальных методов картирования разломных структур для выбора и обосновании мест расположения пунктов локального контроля сейсмической опасности при развертывании сети площадного мониторинга.

Для картирования разрывных структур рекомендуется три метода изложенного в гл. УП:

1. Метод анализа уровня ЕИЭМП относительно конкретного разлома
2. метод анализа электромагнитного поля радиопередатчиков в СДВ диапазоне для установления точного размера ширины разломов.
3. метод контроля изменения концентрация приземного озона атмосферы в зонах разломов.

В случае обнаружения зон разломов, где отчетливо выражается изменения этих параметров, необходимо провести в этих зонах осциллографирования формы сигналов ЕИЭМП (по методу изложенный в гл.ІУ) с целью определения соотношения источников атмосферного и литосферного происхождения.

Все выше приведенные методы определяют зоны возможного проявления предвестников землетрясений для каждого региона или пункта наблюдений, присущие только к выбранном месту. О существовании тот или иной зависимости между аномальными эффектами и землетрясениями однозначно можно говорить только исходя из фактических длительных данных контроля полученных в каждом конкретном пункте.

Вторая заключительная часть работы восьмой главы посвящена изложению методики прогнозирования землетрясений электромагнитным способом в комплексе другими геофизическими предвестниками.

В результате многолетних непрерывных геофизических работ в Институте сейсмологии НАН КР в зоне РОЗ, с учетом ретроспективных опытов, определены нижеследующие геофизические предвестники (табл. 2). В качестве критериев данных предвестниковых параметров разработаны их характеристики. По последовательности появления этих критериев выделены четыре уровня тревоги. Первый уровень тревоги является высшим уровнем, близким к главному толчку, т.е. ЕИЭМП, ЭТП, АЭП относятся к первому уровню тревоги.

Установленные закономерности проявления амплитуды и пространственно-временных характеристик электромагнитных предвестников, а также выявленные связи параметров эффектов с параметрами землетрясений послужили основой разработки методики прогноза землетрясений. Методика прогнозирования землетрясений электромагнитным способом разработана в 1990-95гг. и использована в работе Прогнозной комиссии Института сейсмологии НАН КР с 1995 года.

## Геофизические предвестники землетрясений Кыргызстана

**Таблица 2.**

ПРЕДВЕСТНИКИ	I Предназначение предвестников				
	I для прогнозирования				
	I-----				
	I места I силы		I время		
	I	I	I годы	I месяцы	I сутки
Периодичность изменения суммарной сейсмической энергии землетрясений	I				+
Проявления треугольных структур сейсмичности - хроногеомов	I	+	+		
Фазы сейсмического режима	I				+

Фазы флюидного режима на месторождениях термоминеральных вод	I I I	+	+	+
Продолжение Таблицы 2.				
Аномалии изменения модулей полного вектора (Т и ΔТ)геомагнитного поля по профилям М.	I I I I	+		
Аномалии изменения передаточной характеристики (Z/H)геомагнитного поля на МВС	I I I	+		
Аномальные изменения электротеллурического поля (ЭТП)	I I I		+	+
Аномальные изменения электромагнитного излучения (ЭМИ)и АЭП	I I			+

---

Предлагается прогнозировать силы и время ожидаемого землетрясения двумя методами:

1. Из графика временного ряда суточных изменений поля снимаются значения аномальных амплитуд и из графика зависимости  $M = -0,043 A + 2,9$  находится магнитуда землетрясения (М).

2. Из графика зависимости времени ожидания (Т) или так называемого "затишья" перед землетрясениями и магнитуды (М)  $lqT = 0,31 M - 0,49$  находится предполагаемое время проявления ожидаемых землетрясений.

В 1995-96 годах по данным электромагнитных наблюдений в Прогнозную комиссию Института сейсмологии НАН КР 6 раз был дан прогноз времени и силы ожидаемого землетрясения, который в 5 случаях оправдался по всем параметрам.

### Основные результаты работы

1. На основе проведенных исследований изучены особенности сейсмоаномальных эффектов в естественном импульсном электромагнитном поле (ЕИЭМП), электротеллурическом поле (ЭТП), атмосферном электрическом поле (АЭП). На большом статическом материале детально исследована морфология регулярных вариаций интенсивности ЕИЭМП, ЭТП, АЭП на территории Кыргызстана.

2. Изучена связь вариаций фоновой интенсивности ЕИЭМП с метеорологическими вариациями и с длиннопериодными вариациями геомагнитного поля. Связь между этими процессами не установлено, кроме близких гроз и пурги.

3. Сопоставление аномальных возмущений ЕИЭМП с сейсмическими событиями в радиусе действия деформационных предвестников показало, что они наблюдаются преимущественно при землетрясениях, приуроченных к зонам разломов.

4. Особенности аномальных возмущений ЕИЭМП при сейсмических событиях с  $K > 12$ , лежащих в радиусе действия деформационных предвестников и вне этой зоны, заключаются в следующем:

- нарушается регулярность суточного хода ЕИЭМП,

- изменяется интенсивность регулярных максимумов, превышающих дисперсию суточных ходов в 2 и более раза,
- максимальные эффекты в возмущениях ЕИЭМП всегда предшествуют акту землетрясения,
- длительность возмущений составляет от нескольких часов до нескольких суток.

5. На значительном статическом материале исследовались морфология, пространственно-временные характеристики ЕИЭМП методом огибающей уровня поля. Установлены следующие закономерные особенности аномалий ЕИЭМП перед землетрясениями:

- установление почти постоянного уровня фона, в течении длительного времени т.е. сглаживание суточного хода, исчезновение ночных максимумов,
- увеличение амплитуды кратковременных пульсаций (импульсов) и их количества,
- в спектре часовых значений огибающей ЕИЭМП появляются два пика с периодами 18 и 13 часов.

6. Периода аномалий ЕИЭМП сеймотектонического происхождения связывается с возбуждением в верхней атмосфере (нижней ионосфере) источников с повышенной ионизацией, приводящих к изменению условий распространения атмосфериков в волноводе Земля - ионосфера эпицентральной области.

7. Обобщены и проанализированы результаты полевых исследований вариаций горизонтальной составляющей электротеллурического поля (ЭТПгор.), связанные с землетрясениями. В результате систематических наблюдений ЭТПгор. на группе станций получен материал, обработка и анализ которого позволили обнаружить аномальные изменения ЭТПгор. перед близкими землетрясениями. Показано, что аномалии носят хорошо выраженный локальный характер и, как правило регистрируется в зонах неоднородности геологического разреза.

8. Из анализа данных ЭТПверт. в диапазонах 0,01-0,1 Гц, 1Гц 1-9 кГц перед землетрясениями установлены следующие особенности:

- аномалии выделяются не на всех диапазонах частот, а в большинстве случаев они обнаруживаются в диапазоне 0,01 - 01 Гц и 1 Гц, редко -1-9 кГц.
- в диапазоне 1 Гц сигналы сейсмического происхождения отмечались на записи резкими "П-образными" всплесками уровня.

Такая форма сигнала наблюдалась только в периоды времени, приуроченные к землетрясениям, что позволило принять ее за образ сигнала - предвестника. Длительность "П-образные" всплески составляет 10-60 минут. Проявление "П-образные" сигналов зависит от места расположения очагов готовящегося землетрясений. В случаях, когда очаги землетрясений находятся в зонах имеющих разломов, образ сигнал-предвестника проявляются за 6-8 суток до события. Если очаги землетрясений находятся в зоне образования новых разрывных нарушений среды, образ сигнал-предвестника проявляются за несколько десятков суток в течении 10-15 последовательных дней. Сигналы проявляются в основном дневное время суток в интервале времени 07 - 16 ч.

- в диапазоне 0,01-0,1 Гц возмущения имеют форму записи сейсмических волн т.е. более высокочастотные возмущения наблюдается на фоне более спокойного уровня поля.
- в диапазоне 1-9 кГц - возмущения наблюдались в виде всплеска уровня поля, модулированного высокочастотными составляющими большой интенсивности.

9. Представленные данные по совокупности аномальных изменений горизонтальной и вертикальной составляющей ЭТП перед землетрясениями дают основание считать, что информативность в прогностическом аспекте электротеллурических наблюдений обусловлена, в основном, неоднородностью структуры площади наблюдения, близостью

активных тектонических разломов, что способствует возникновению относительно больших локальных деформаций и развитию механоэлектрических эффектов.

10. Изучены закономерности аномального хода АЭП перед землетрясениями и их афтершоками. Природа аномалий АЭП связывается с процессами электризации выделившихся углеводородных газов и механоэлектрическими процессами в поверхностном слое земли.

11. При маршрутных наблюдениях впервые экспериментально обнаружены эффекты повышенного уровня ЕИЭМП, приземной концентрации озона в воздухе в зонах тектонического разлома.

Предложены и опробованы инструментальные методы картирования разрывных структур для выбора и обоснования мест расположения пунктов локального контроля сейсмической опасности при развертывании сети площадного мониторинга.

12. Разработана методика использования электромагнитных данных, в комплексе с другими предвестниками, для прогноза времени землетрясений.

### **Основное содержание работы опубликовано в следующих работах**

#### **Монографии:**

1. Особенности ИЭМП в Иссык-Кульской сейсмоактивной зоне Кыргызской ССР. // Поиск электромагнитных предвестников землетрясений. М.: Наука, 1988. с. 32-46 (в Н.Н. Никифоровой, Ф.Н. Юдахиним).
2. Анализ вариаций фоновой интенсивности импульсного электромагнитного поля (ЕИЭМП) и их связь с другими геофизическими явлениями. // Стрoение литосферы. Бишкек. Илим 1990, с. 111-145.
3. Результаты стационарных наблюдений ИЭМП в Иссык-Кульской сейсмоактивной зоне Кыргызской ССР за 1978-1981гг. // Каталог импульсных электромагнитных предвестников землетрясений. М.: Наука, 1991. с. 47-55.
4. Инструментальные наблюдения электротеллурического поля в зоне разлома // Сейсмологические наблюдения в Кыргызстане. Бишкек. Илим 1993. с. 35-42 (в соавторстве Э.О. Раяповым, С.А. Байло)

#### **Статьи в научных журналах:**

1. Поиски озона из литосферы. Томск, 1980, Деп. в ВИНТИ 19.11.1980, N 4885-80, 11с. (с соавторстве А.А.Воробьевым, М.А.Самохваловым, Ю.П.Малышковым).
2. Регистрация пространственных изменений естественного импульсного электромагнитного поля. Томск, 1981, Деп. в ВИНТИ 3.02.1981, N 497-81 (с соавторстве А.А.Воробьевым, М.А.Самохваловым, Ю.П.Малышковым).
3. Инструментальное изучение геодинамических процессов на территории Иссык-Кульской впадины. Томск, 1982, Деп. в ВИНТИ 2.03.1982, N 1934-82, 69с.(в соавторстве М.А.Самохваловым, Ю.П.Малышковым, А.З.Рупп).
4. Изменение естественного импульсного электромагнитного излучения перед Жаланыш - Тюпским землетрясением 1978г. Пржевальск, 1982. Деп. в ВИНТИ 27.05.82. N 4607-82, 10с. (в соавторстве Т.К.Кочорбаевым).
5. Поиск озона из литосферы. // Геохимия. - 1982, N 8 с.1183-1188 (в соавторстве А.А.Воробьевым, М.А.Самохваловым, Ю.П.Малышковым).

6. Регистрация вариаций естественного импульсного электромагнитного поля. Фрунзе. Деп. в ВИНТИ 29.10.85, N 7517-B85, 6с.
7. Исследования вариаций естественного электромагнитного излучения в восточной части Иссык-Кульской впадины в связи с прогнозом землетрясений. // Прогноз землетрясений. Душанбе-Фрунзе: Дониш, 1988 N 9. с.109-114 (в соавторстве Ф.Н.Юдахиным).
8. Studies of elektromagnetic emission of seismotectonic origin in the Kirghiz. SSR.// Physics of the Earth and Planetary Interiors, 1989, v.57, N112, p.58-75. (N.N.Nikifirova, F.N.Yudakin).
9. Study of regularities in measuring the vertical component of Earth's electrotelluric field for finding earthquake precursors.//Journal of Atmospheric electricity, Tokyo, vol,16, no.1, Jan.1996, p.1010-1023.
10. Озон литосферы.//Журн. Наука и жизнь, N 11, 1982, с. ( в соавторстве с Н.А.Воробьевым, М.А.Самохваловым).

#### **Публикации в сборниках, информационных сообщениях:**

1. Поиск электромагнитных прогностических признаков землетрясений на территории Кыргызской Республики. Препринт N1 (3), Ин-т сейсмологии НАН КР, Бишкек 1995, 27с.
2. Изучение вариаций естественного импульсного электромагнитного поля в связи земной коры и сейсмичностью Киргизской ССР. Автореферат канд. дисс. М., 1987, 21с.
3. Некоторые особенности вариаций естественного электромагнитного излучения перед рядом ощутимых землетрясений в районе Иссык-Кульской зоны. Материалы 7-ой Межреспублик.научн. конференции мол. ученых посвящ. 60-летию образ. Кирг.ССР и компартии Киргизии. Фрунзе, 1985, с.115-117.
4. Исследование особенностей полей СДВ радиостанции в сейсмоактивных районах Киргизии. Материалы к международному аэрокосмическому эксперименту Тянь-Шань-Интеркосмос-88. Фрунзе, 1988, с.91-95.
5. Естественное электромагнитное излучение при сейсмической активности. Материалы конф. мол. ученых. Фрунзе, ноябрь 1989, с.21-23.
6. Наблюдение электротеллурического поля (ЭТП) на Иссык-Атинском разломе. Материалы всесоюзной конференции молодых ученых. Фрунзе, октябрь 1990, с.19-21. ( в соавторстве с Э.Раяповым, И.Абдылдаевым).
7. Исследование сейсмотектонических процессов и границ разломов методом радиопросвечивания на сверхдлинных волнах.- В кн.: Непериодические быстропротекающие явления в окружающей среде. II Всесоюзн. междисцип. науч. техн. шк - семинар. Томск. 1990, 3с. (в соавторстве с А.Эгизбаевым, Э.Раяповым).
8. Поиск электромагнитных прогностических признаков землетрясений Кирг.ССР. Там же (в соавторстве с А.Эгизбаевым). 4с.
9. Связь кратковременных возмущений электромагнитного поля (ЭМП) с сейсмическими событиями. Там же (в соавторстве с Э.Раяповым, А.Эгизбаевым). ,5с.
10. Радиопрофилирование сейсмоактивных зон.- В кн.: I Респ.конф. мол.ученых и преподавателей физики. Фрунзе, Илим, 1990, с.203-205.
11. Поиск озона из литосферы. Материалы рабоч. совещ. по изм. атм.озона. Тбилиси: Мецниерба, 1982, 4с. ( в соавторстве с А.А.Воробьевым и др.).
12. Pogrebnoy V.N., Toktosopiev A.M., Shakirov E. The main results of prognostics investigations of the institute of seimologu National Academy of Solences Repudlic Kyrgystan in the Tian-Shan territory. Preparatory Committee of '94. International Symposium on Tian-Shan Earthquakes. Urumgi, China, September, 1994, p.14.

## Тезисы

1. Озон над разломами Иссык-Кульской впадины. Тезисы докладов всесоюзного симпозиума по современным проблемам атмосферного озона. Тбилиси, 1978. 3с (в соавторстве А.А.Воробьевым и др).
2. Особенности изменения естественного электромагнитного поля Земли перед землетрясением. Тезисы докл. Всесоюз. науч. совещ. "Электроимпульсная технология и электромагнитные процессы в нагруженных твердых телах". Томск, ноябрь 1982, с 136.
3. Формы импульсов электромагнитного излучения в пределах Сев.Тянь-Шаньской сейсмогенной зоны. Тезисы докл. II Всесоюзн. шк- семинара МССС "Физические основы прогнозирования разрушения горных пород". Фрунзе сентябрь. 1985, с 137-138 (в соавторстве Ф.Н.Юдахиным).
4. Nikiforova N.N., Yudakhin F.N., Toktosopiev A.M. Studies of electromagnetic emission of seismotectonic origin in Kirgiz SSR. XIX General Assembly, Vancouver, Canada, August, 1987, Abstracts v.1., SW2-5 1430,p.382.
5. Изучение аномалий импульсного электромагнитного поля (ИЭМП) сейсмостектонического происхождения в Киргизской ССР.Тезисы докл.Всес.шк.-семинара "Физические основы прогнозирования разрушения горных пород". Иркутск, 1988,с.61-62.(в соавторстве с Н.Н.Никифоровой).
6. Анализ вариаций фоновой интенсивности естественного импульсного электромагнитного поля (ЕИЭМП) и их связь с другими геофизическими явлениями. Тезисы докл. междисципл. научн. техн. шк. - семинара "Непериодические быстропротекающие явления в окружающей среде". 4.Ш. Томск,1988, (в соавторстве с Ф.Н.Юдахиным, Н.Н.Никифоровой). с.194-196.
7. Изучение границ активного динамического влияния разломов СДВ- зондированием. Тезисы докл. Всесоюз. шк. - семинара "Геолого-геофизические исследования в сейсмоопасных зонах СССР". Фрунзе, сентябрь 1989, с.124-125( в соавторстве с Ф.Эгизбаевым, Э.Раяповым).
8. Периодические процессы при землетрясениях. Тезисы докл. Международная научная конференция "Экология высокогорных регионов". Бишкек, август 1991,4с.
9. Результаты прогнозных исследований на территории Республики Кыргызстан. Тезисы докладов I-го Казахстанско-Китайского симпозиума. Алма-Ата, сентябрь 1992, с.176-177 (в соавторстве с Э.Мамыровым, Б.Ильясовым и др.).
10. K.Takahashi, Y.Fujinawa, J.Yuan, A.Toktosopiev. Measuring Underground Electric Fields Using a Steel Pipe Embedded in a deep Borehole. Abstracts of the International Workshop on electromagnetic phenomena related to earthquake prediction. September, 1993, Japan, Chofu Tokyo,p.13.
11. D.Toktomyshev, A.Toktosopiev, S.Bailo. Electromagnetic field anomalies before M 7.3 earthquake on Aug.19, 1992 in Kyrgystan. Abstracts of the International Workshop on electromagnetic phenomena related to earthquake prediction. September, 1993, Japan, Chofu Tokyo, p.14.
12. Изучение закономерности изменения вертикальной составляющей электротеллурического поля Земли с целью обнаружения предвестников землетрясения. Тезисы докл.Международ.конф.посвящен. 85-летию акад. Г.А.Мавлянова, май 1995, Ташкент, с.102-103.
13. Исследование закономерностей и изменения электромагнитного поля с целью обнаружения предвестников землетрясений. Тезисы докл.Международная конф. "Высокогорные исследования изменения и перспективы в XXI веке". Бишкек, октябрь 1996,с.86.

14. Предвестниковый электромагнитный сигнал и его количественная оценка. Тезисы докл. научн. конф. посвящ. 30-летию ИС АН Руз "Прогноз сейсмической опасности". Ташкент, октябрь 1996, 1с.

15. A.M. Toktosopiev, S. Toktomushev. Study of regularities in measuring the vertical component of earth's electrotelluric field for finding earthquake precursors. Abstracts International Workshop on Seismo Electromagnetics. March, 1997, Japan, Tokyo, p.141.

В диссертационной работе изучены электромагнитные сигналы, являющиеся предвестниками землетрясений. В ней рассматриваются аппаратные и методические вопросы, подробно исследуется морфология и механизмы регулярных и аперiodических фоновых вариаций и многосторонне анализируются аномальные вариации перед землетрясениями естественных импульсных электромагнитных полей, электротеллурического поля, атмосферно-электрического поля в комплексе с другими геофизическими полями. Решен ряд методических проблем постановки стационарных полевых наблюдений горизонтальной и вертикальной составляющей электротеллурического поля. Проанализированы аномальные возмущения электрического поля атмосферы, обусловленные сейсмической активностью и биологические предвестники, полученные перед рядом сильных землетрясений, происшедших на территории Кыргызстана. Разработаны инструментальные методы картирования разломных структур для обоснования мест расположения пунктов локального контроля сейсмической опасности при развертывании сети площадного мониторинга.

Заключительная часть работы посвящена изложению методики прогнозирования землетрясений электромагнитным способом в комплексе с другими геофизическими предвестниками.

The electromagnetic signals being heralds of earthquakes had been investigated in the thesis. The apparatus and method questions of measurement signals were considered

The morphology and mechanism of regular, a periodic, background, abnormal variations of electromagnetic fields before earthquakes were studied. The interaction between natural impulse electromagnetic, electrotellurium, atmosphere electrical fields and geophysics fields was examined. The method of permanent field observation of horizontal and vertical components electrotellurical field was substantiated. The abnormal disturbances of electrical atmosphere field stipulated by the seismic activity in Kyrgyzstan were analysed.

The instrumental mapping method of break structures for basing the places of control of seismic activity using square monitoring were worked out.

The method of earthquake prediction using electromagnetic signals as well as different geophysics heralds were offered.

Таким эитилган илмий иш электромагнит товушларнинг тажрибали таджикотига багшиланади. Унда усуллар ва асбоблар буйича масалалар куриб чикилади хамда морфология ва товушли вариацияларнинг даврий ва мунтазам механизми мукамал текширилади, шунингден импульслик электромагнит, электротеллургик майдоннинг башка геофизик майдон комплексидаги электроатмосфера майдонинг ер кимирдан олдинги немеъерий вариацияларини хар томонлама тахлил килинади.

Электротеллургик майдонни ташкил этувчи стационар майдонинг горизонтал ва тик кузатувини йулга куйши каби катор методик муаммолар хал килинган. Киргизистон худудида булиб утган бир катор кучли ер кимирлашлар олдида олинган атмосферадаги электр майдонинг немеъерий тугенланишини шартли мунтазам фаоллик ва биологик оғохлантириш" он тахлил килинган. Мониторинг майдони тармогини ёйиб курсатишда сейсмик хавфэч муайян назорат пунктининг жайлашган урнини аниклаш учун узилиш тузилмаларини хариталаш инструментал усули ишлаб чикилган.

Ишнинг якуний кисми башка геофизик огохлантириш комплексидаги электромагнит усули ер кимирлаш башорати методикасини изохлашга багишланган.