

АКАДЕМИЯ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ

На правах рукописи
УДК 550.343.6+550.379

КИРАКОСЯН ХАЧАТУР ВАРАЗДАТОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И ПАРАМЕТРОВ
В СВЯЗИ С СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА
ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Специальность 04.00.22 - Геофизика

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

ТБИЛИСИ - 1989

Работа выполнена в Опытной-методической сейсмопрогностической экспедиции ордена Трудового Красного знамени Института геофизики и инженерной сейсмологии Академии Наук Армянской ССР

Научные руководители - кандидат геолого-минералогических наук В.Б. ГАМОЯН

кандидат физико-математических наук А.Я. СИДОРИН

Официальные оппоненты: доктор физико-математических и химических наук Т.Л. ЧЕЛИДЗЕ

кандидат физико-математических наук А.В. ПИНОМАРЕВ

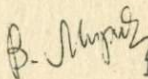
Ведущая организация - Институт Земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР

Защита состоится "11" сентября 1989 г. в 14.00 час.
на заседании специализированного Совета по геофизике К 007.14.01
в институте геофизики Академии Наук Грузинской ССР по адресу:
380093, Тбилиси 93, ул. З.Рухадзе, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геофизики АН ГССР.

Автореферат разослан "10" августа 1989 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат физико-математических наук


В.И. МИРИАНАШВИЛИ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Проблема прогноза землетрясений является очень острой для территории Армянской ССР, где в прошлом известен целый ряд разрушительных землетрясений, а трагедия, произошедшая 7 декабря 1988 года, еще раз подтвердила это. Широко развернувшиеся в начале 60-х годов во всем мире поленые, лабораторные и теоретические исследования по изучению процессов подготовки землетрясений показали, что необходимым условием для выявления прогностических критериев является проведение в сейсмоактивных районах широкого комплекса геофизических исследований и режимных наблюдений.

При создании полигонов на территории Армянской ССР, также как и в других сейсмоактивных районах, предусматривалось использование весьма широкого комплекса методов режимных геофизических наблюдений. Значительное место предполагалось отвести электрическим методам, что было обусловлено накопленными к тому времени данными об успешном применении этих методов для изучения изменений напряженного состояния образцов горных пород в лабораторных экспериментах, горных массивов в горных выработках, а также исследования процессов подготовки землетрясений в различных сейсмоактивных регионах мира. В работе (Сидорин, 1980) на основе аналитического обзора состояния исследований тензочувствительности электрического сопротивления различных горных пород, территория Армянской ССР была предложена в качестве наиболее перспективного региона для использования методов электрического зондирования (ЭЗ) земной коры для прогноза землетрясений.

Однако создание сети режимных электрических зондирований и электротеллурических наблюдений, в отличие от тектономагнитных исследований, в рассматриваемом регионе осложнялось тем обстоятельством, что ранее подобные работы здесь не проводились. В связи с этим возникла необходимость проведения цикла методических исследований, которые и были начаты настоящей работой.

Целью работы являлось проведение цикла исследований, направленных на создание на территории Армянской ССР комплекса



1989

режимных наблюдений за вариациями кажущегося электрического сопротивления (КС) и электротеллурического поля (ЭТП), для разработки рациональной методики исследования в конкретных физико-геологических условиях.

В задачи этих исследований входили:

1. Проведение цикла лабораторных исследований зависимости электрических свойств образцов горных пород (в основном туфов) от их напряженно-деформированного состояния, в том числе определение тензочувствительности КС и исследование особенностей, возникающих при изменении напряженно-деформированного состояния образцов электрических полей.
2. Исследования пространственного распределения, уровня и характера промышленных электрических помех на урбанизированных территориях, в частности в районе города Еревана, что дает возможность обоснованно подходить к выбору пунктов наблюдений и методов борьбы с помехами.
3. Методические исследования по оценке величин экзогенных изменений измеряемых электрических полей и параметров геофизической среды и по выбору размеров зондирующих установок постоянного тока.
4. Проведение режимных наблюдений электрическими методами в конкретных условиях территории Армянской ССР.
5. Анализ структуры временных изменений полученных данных и сопоставление их с сейсмичностью.

Следует отметить, что, когда намеченный объем исследований был уже закончен на территории Армянской ССР, произошло уже упоминавшееся катастрофическое Спиттакское землетрясение. По инициативе и при непосредственном участии автора в эпицентральной зоне этого землетрясения были организованы дополнительные режимные геофизические наблюдения. В рамках настоящей работы особого упоминания заслуживает размещение в трех пунктах вариометров электрического сопротивления, обеспечивающих режимные наблюдения за вариациями КС горных пород с чувствительностью до 10^{-4} - 10^{-5} , в период афтершоковой активности катастрофического землетрясения.

Научная новизна работы. В настоящей работе развивается новый подход к выбору пунктов режимных наблюдений. Для этого впервые проведены лабораторные исследования тензочувствительности КС и характера изменений электрических полей на поверхности образцов горных пород с территории Армянской ССР. При этом была разработана новая электродная система, обеспечивающая высокую стабильность измерений. Установлен импульсный характер возникающих при нагружении образцов электрических сигналов, а также зависимость характера изменений электрических полей на поверхности образца от направления действующих нагрузок.

В работе приводятся и анализируются результаты впервые выполненных на территории Армянской ССР режимных электрических зондирований и электротеллурических наблюдений.

Результаты режимных наблюдений, проводившихся перед Спитакским землетрясением, могут быть использованы совместно с данными других видов наблюдений для разработки моделей процессов подготовки Спитакского землетрясения и его афтершоковой последовательности. Перед Спитакским землетрясением, в частности, наблюдались среднесрочные изменения ЭТП по данным измерений в штольне геофизической обсерватории "Гарни", а также возмущения импульсного характера. Отмечены также изменения КС. С помощью высокочувствительных вариометров сопротивления впервые на территории Армянской ССР обнаружены суточные и более короткие периодические вариации КС, а также схожесть характера изменений КС и деформации земной коры.

Практическая ценность и внедрение. Предлагаемый в настоящей работе подход к оптимизации режимных электрических зондирований при поиске предвестников землетрясений, основанный на предположении, что наиболее эффективно проводить такие работы на породах, обладающих высокой тензочувствительностью КС, представляет практический интерес, поскольку используемый в настоящее время метод проб и ошибок связан с огромными материальными затратами и затягивает исследования на долгие годы.

Результаты лабораторных экспериментов являются экспериментальной основой для выбора пунктов наблюдений и интерпретации получаемых данных.

На территории Армянской ССР созданы пункты режимных эле-

трических зондирований и электротеллурических наблюдений.

Результаты изучения характера помех в районе города Еревана дают возможность обоснованно подходить к выбору пунктов наблюдений и методов борьбы с помехами.

Практическая ценность работы подтверждается также тем, что она выполнена в рамках программы ГКНТ СМ СССР 0.74.03, планов научных исследований Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Арм.ССР и Опытно-методической сейсмопрогностической экспедиции этого института. Результаты изложены в отчетах СМСЭ ИГИС АН Арм.ССР, использованы при проектировании и создании Арабатского, Ширакского и Зангезурского сейсмопрогностических полигонов.

Защищаемые положения

1. Режимные исследования методами электрического зондирования и электротеллурического поля могут эффективно использоваться для изучения сеймотектонических процессов, в конкретных физико-геологических условиях территории Армянской ССР.
2. Методические рекомендации, представленные в диссертации, по применению режимных наблюдений за вариациями кажущегося электрического сопротивления и электротеллурического поля могут повышать чувствительность и эффективность исследований в условиях урбанизации и широкой распространенности туфов на территории Армянской ССР.
3. Электрическое сопротивление туфов, распространенных на территории Армянской ССР, обладает высокой тензочувствительностью.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались на совместном совещании рабочих групп "Магнитометрические исследования" Комиссии по прогнозу землетрясений МСССР по Средней Азии и Казахстану и "Тектономагнетизм и тектоноэлектричество" Научного Совета ОПГТ АН СССР (Ашхабад, 1982 г., Фрунзе, 1984 г., Ташкент, 1985 г.), совещании Кавказского регионального совета по прогнозу землетрясений (Сухуми, 1983 г.), УП Всесоюзной школе-семинаре по электромагнитным зондированиям (Звенигород, 1984 г.), III Всесоюзной конференции молодых ученых (Суздаль, 1986 г.), Всесоюзном совещании МСССР "Итоги и перспективы исследований по прогнозу землетрясений в СССР (Душанбе, 1987 г.), на заседании отделения наук о Земле АН Арм.ССР (Ереван, 1986 г.,

1988 г., 1989 г.), на семинарах ИГИС АН Арм.ССР (Ленинакан, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987 гг.) и КСЭ ИФЗ АН СССР (1987 год), на расширенном заседании ОИТГ АН СССР (1989 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 работ.

Объем работы. Работа состоит из введения, шести глав и заключения. Она содержит 114 страниц машинописного текста, 51 рисунок и 1 таблицу. Список литературы включает 153 наименования.

Работа выполнялась в Опытно-методической сейсмопрогностической экспедиции ИГИС АН Арм.ССР под руководством кандидата геолого-минералогических наук В.Б.Гамояна и кандидата физико-математических наук А.Я.Сидорина.

Автор признателен члену-корреспонденту АН Арм.ССР И.М.Нерсесову за ценные советы и внимание к работе.

В процессе выполнения работы автор пользовался консультациями кандидата физико-математических наук О.М.Барсукова. Отдельные вопросы обсуждались с кандидатами физико-математических наук В.И.Журавлевым, А.В.Пономаревым.

Автор считает своим приятным долгом выразить всем этим товарищам свои признательность и благодарность.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассматривается современное состояние лабораторных и полевых исследований электрических полей и параметров, в связи с изменением напряженно-деформированного состояния среды проведенных как в СССР, так и за рубежом, а также основные геолого-сейсотектонические особенности изучаемого региона.

Анализ сейсотектонических данных показывает, что территория Армянской ССР характеризуется весьма сложным геолого-тектоническим строением и высоким уровнем сейсмической активности, причем здесь происходят и катастрофические землетрясения, одним из которых явилось Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 года. Как Спитакское землетрясение, так и исторические данные наглядно показывают, что почти вся территория республики находится в 8-9-и бальной зоне. Исключительную роль в проявлении сейсмичности играют глубинные разломы и участки пересечения некоторых разломов, где наиболее густо концентрируются эпицентры землетрясений. Учитывая особенности геолого-тектонического строения,

сейсмичность, характер урбанизации территории, особое внимание при организации режимных наблюдений, следует уделить Араратской долине и району города Ленинакана.

Как показывает анализ результатов многочисленных работ, во многих сейсмоактивных регионах мира перед землетрясениями наблюдались аномальные изменения ЭП, главным образом бухтообразной формы, однозначно определить механизм которых пока не удастся. Время проявления аномальных изменений меняется от нескольких часов до первых десятков суток. Сообщается также о длиннопериодных вариациях ЭП (около 6 месяцев) перед сильными землетрясениями (А.В. Пономарев, 1987). При проведении режимных электротеллургических наблюдений в Греции перед целым рядом землетрясений наблюдались аномальные сигналы импульсного характера, с помощью которых греческие специалисты успешно предсказали несколько землетрясений. Сообщений о подобных сигналах из других регионов мира пока не было. Возможно это обусловлено особенностями строения района наблюдений в Греции.

Эффективность использования электротеллургических наблюдений для поиска предвестников землетрясений в значительной мере зависит от особенностей строения конкретных регионов. Поэтому необходимо проведение большого объема методических исследований, изучение "мешающих факторов", фонового характера изменений ЭП, амплитудно-частотно-временных особенностей изменения и т.п., в каждом конкретном регионе, что и обосновывает выбранное нами направление исследований.

Методы электрического зондирования также широко применяются для поиска предвестников землетрясений в различных сейсмоактивных регионах мира. Одним из возможных подходов к постановке таких наблюдений является использование дипольных установок с большими разнесами. Методологической основой этого являлось предположение, что максимальные изменения свойств геофизической среды происходят непосредственно в очаговых зонах будущих землетрясений. Проведение режимных дипольных зондирований связано с огромными трудностями и большими материальными затратами. В то же время, в методическом отношении не менее обосновано применение зондирований локальных участков земной коры с установками небольших размеров, не более 1-3 км. Весьма перспективным представляется использование непрерывных, высокочувствительных наблюдений за вариациями электрического сопротивления горных массивов с помо-

пью вариометров сопротивления. При этом особое значение приобретает тензочувствительность удельного электрического сопротивления (УЭС) пород слагающих верхние слои земной коры, а также выбор оптимальных размеров используемых установок. По данным исследований, выполненных в Японии и США, туфы некоторых месторождений обладают чрезвычайно высокими значениями коэффициента тензочувствительности УЭС. Туфы широко распространены по всей территории Армянской ССР. Конкретная оценка тензочувствительности УЭС туфов открыла бы перспективу применения достаточно эффективного метода режимных зондирований с высокочувствительными вариометрами сопротивления, используя установки малых размеров.

Анализ результатов полевых и лабораторных исследований позволяет наметить следующие направления исследований и методы решения поставленных задач:

1. Разработать методику лабораторных исследований тензочувствительности УЭС образцов горных пород, а также изменений электрических полей на поверхности образцов при их механическом нагружении.

2. Провести лабораторные исследования электрических свойств образцов горных пород с территории Армянской ССР по намеченной программе.

3. Провести исследования морфологических и амплитудно-частотных особенностей электрических помех в отдельных районах интенсивной урбанизации, изучить характер пространственного распределения поля помех в районе города Еревана.

4. Организовать пункты режимных зондирований и электротеллурических наблюдений, провести анализ полученных результатов.

Вторая глава посвящена лабораторным исследованиям, проведенным для оценки тензочувствительности УЭС образцов туфа с территории Армянской ССР, а также изучению изменения напряженности электрического поля на поверхности влагонасыщенных образцов туфа и базальта при одноосном давлении.

Одноосному сжатию в диапазоне упругих деформаций подвергались образцы пяти разновидностей туфа размером 50x50x50 мм. Измерения электрического сопротивления (ЭС) в направлении параллельном оси нагружения проводились для каждого дискретного шага нагружения. Соответственно регистрировались изменения деформации образцов. Эксперименты проводились с комнатно-влажными образцами

и образцами тех же разновидностей туфов, насыщенными водой, в условиях атмосферного давления.

Для измерения разности потенциалов на поверхности образцов туфа и базальта (120x80x25 мм) при одноосном давлении использовалась специально сконструированная автором электродная установка, которая состоит из симметрично расположенных по всей площади камер (дырок), заполненных раствором медного купороса и снизу закрывающихся войлоком, через который осуществляется контакт с образцом. Такая конструкция электродной установки позволяет исключить возможность проявления потенциалов поляризационного электрохимического и контактного характера. Она дает возможность зарегистрировать разность потенциалов на взаимно-перпендикулярных приемных установках нужной ориентации по отношению к оси нагружения.

Согласно полученным данным, с увеличением давления происходит значительное уменьшение ЭС. Особенно большие градиенты изменения, для всех испытанных образцов, наблюдаются в пределах давления 2-6 кг/см². У некоторых образцов арктического туфа, обладающих высокой пористостью, в исследованном диапазоне нагружения наблюдается изменение почти на порядок. Это вероятно связано с тем, что в начальной стадии нагружения происходит интенсивное слияние пор и образование проводящих каналов. При снятии давления тем же шагом, реверсивный ход ЭС отличается от прямого, что может быть связано с остаточной трещиноватостью. Тензочувствительность ЭС насыщенных дистиллированной водой образцов тех же типов туфа, намного снижается. Большие скорости изменения ЭС, рассчитанные для каждого дискретного шага нагружения по отношению к предыдущему, наблюдаются в начальной стадии нагружения и промежутке 20-24 кг/см², что может свидетельствовать о наличии узких деформационных полос чувствительности ЭС. Для большинства образцов указанный промежуток соответствует проявлению акустической эмиссии, что по всей вероятности связано с образованием микротрещин. Проявление акустических эффектов предваряется высокими скоростями изменения ЭС.

Коэффициент деформационной чувствительности ЭС $K = \frac{\Delta S/S}{\Delta \epsilon/\epsilon}$ в области относительных деформаций $6 \times 10^{-4} + 1,8 \times 10^{-3}$ для различных образцов туфа меняется в широких пределах - 50+1000. С увеличением относительных линейных деформаций значения K умень-

ляются. Проведенные лабораторные исследования показывают, что ЭС туфов с территории Арм.ССР обладает высокой тензочувствительностью, особенно при небольших относительных линейных деформациях.

Большие изменения ЭС, при небольших деформациях могут служить чувствительным признаком изменения напряженного состояния пород перед землетрясением. Следовательно широкое распространение туфов на территории Арм.ССР может служить хорошей предпосылкой для выявления аномальных изменений ЭС, как предвестников землетрясений.

При исследовании изменения напряженности (E) электрического поля на поверхности образца, на приемном диполе, ориентированном параллельно оси сжатия на образцах туфа, в пределах нагрузок $4-6 \text{ кг/см}^2$ наблюдается скачкообразное изменение E в среднем на $0,55-0,6 \text{ мВ/см}$. На образцах базальта изменения также импульсного характера в среднем на $0,25-0,3 \text{ мВ/см}$ при той же ориентации приемного диполя наблюдаются при сжатии до появления микротрещин. На перпендикулярном к оси сжатия приемном диполе изменения E пренебрежимо малы.

При ориентации приемных диполей под углом 45° относительно оси нагружения на каждой из них наблюдается изменение E с примерно одинаковой амплитудой.

Проведенные лабораторные исследования показывают, что изменение электрического поля вследствие действующих напряжений, зависит от направления оси нагружения относительно к приемным диполям. Видимо, этим и можно объяснить аномальные изменения ЭП, наблюдавшиеся только на одной из взаимно перпендикулярных приемных линий.

При натуральных наблюдениях, вышеописанные закономерности могут проявляться с некоторыми отклонениями вследствие влияния неоднородностей и других факторов.

На основании полученных результатов сделаны методические рекомендации по ориентации приемных установок при организации режимных наблюдений.

В третьей главе приводятся результаты изучения характера и областей распространения промышленных электрических помех в районе города Еревана. Цель изучения промышленных электрических ациклических импульсных помех заключается в оконтуривании облас-

тей распространения и в изучении характера этих помех.

Наблюдения производились четырехэлектродной потенциальной схемой метода блуждающих токов. Запись приращений во времени разности потенциалов проводилась долговременно на полевой и базисной установках.

Основные результаты проведенных исследований сводятся к следующему:

1. Выявлены три типа импульсов электрических помех, с падением напряжения до 3,5 мВ/м в дневное время.

Импульсы первого типа имеют прямоугольную форму. Их продолжительность составляет 10-60 секунд, частота появления - 18-20 имп/час, амплитуда падения напряжения - 2,8-3,5 мВ/м. Импульсы второго типа также имеют прямоугольную форму с продолжительностью 4-15 секунд, частотой появления - 2-10 имп/мин, амплитудой напряжения - 0,8-1,2 мВ/м. Импульсы третьего типа имеют треугольную форму, с частотой появления 30-100 имп/мин, с амплитудой - 0,22-0,38 мВ/м.

2. Данные, полученные в результате маршрутных наблюдений вдоль автодорог показывают, что уровень поля электрических помех по всем профилям находится в параболической зависимости от расстояния точки наблюдения до источника. Однако кривые, полученные на различных профилях, по разным типам помех, отличаются по характеру и амплитуде изучаемого параметра. По всей вероятности, эти различия определяются как расположением источников помех на территории города, так и различием геоэлектрического разреза по разным профилям. Промышленные помехи первого типа распространяются на расстояние 16-20 км от черты города, второго типа - 8-10 км, третьего типа - 4-5 км.

3. Согласно полученным картам распределения напряженности поля помех, общая площадь поля помех первого типа составляет 1100 кв.км, второго типа - 360 кв.км, третьего типа - 140 кв.км.

4. Исходя из полученных результатов, можно отметить, что электрометрические наблюдения на Арагатском сейсмопрогностическом полигоне необходимо проводить за пределами области проявления электрических помех промышленных объектов города Еревана, которая охватывает площадь радиусом примерно 25 км от центра города.

За пределами электрических помех второго и третьего типов,

область которых охватывает площадь около 360 кв.км, можно применять обычную методику наблюдений метода сопротивлений, используя промежутки отсутствия искажающего поля.

В четвертой главе рассматриваются методические вопросы и результаты режимных исследований методом электрического зондирования постоянным током. При изучении изменения напряженно-деформированного состояния среды, эффективным может оказаться зондирование установками небольших размеров с применением различных способов увеличения точности. Основанием для такого подхода может служить широкое распространение туфов на территории Армянской ССР, УЭС которых, как уже отмечалось (глава II), обладает высокой тензочувствительностью.

Для проведения зондирования с небольшими (первые сотни метров) питающими установками была разработана методика выбора оптимальной длины установки для конкретного геоэлектрического разреза, при которой зарегистрированное значение КС максимально соответствовало бы определенному слою, а влияние других слоев сводилось к минимуму. Для этого использовалась специальная программа расчетов на ЭВМ.

В программу задаются параметры геоэлектрического разреза, полученные в результате интерпретации конкретной кривой ВЭЗ. Производится расчет соответствующей кривой ВЭЗ в билогарифмическом масштабе, с дискретными численными значениями S_k , соответствующими конкретным разностям $\frac{AB}{2}$. Затем рассчитываются кривые ВЭЗ, при изменении заданного первоначального значения УЭС на 20 %, отдельно для I-го, 2-го, ... n-го слоев. Влияние изменения УЭС отдельного слоя на общий характер кривой ВЭЗ зависит от полуразноса питающей установки и соотношения мощностей слоев. Наглядную картину этой зависимости можно получить с помощью построения асимптотических кривых, которые представляют собой относительные изменения УЭС в зависимости от полуразноса питающей установки, при изменении на 20 % УЭС отдельных слоев, по отношению первоначально заданным параметрам.

Таким образом, с помощью таких расчетов можно выбрать такую длину разноса питающих электродов, при которой наблюдаемые изменения КС, максимально отражают изменения КС в конкретном слое, который по своим физико-механическим свойствам может быть более тензочувствительным. При организации наблюдений на туфах,

применение данной методики, может существенно повышать чувствительность и информативность исследований.

В результате многолетних режимных исследований временных изменений КС на туфах выделены сезонные вариации КС с амплитудой $\pm 10-12\%$ средних годовых значений, а также короткопериодные аномальные изменения по времени совпадающие с некоторыми землетрясениями ($K = 10-12$), на небольших расстояниях ($R < 100$ км).

Аномальное изменение КС наблюдалось также в очаговой зоне Парванийского землетрясения 13 мая 1986 г. На расстоянии 3-4 км от очага главного толчка производилась регистрация ЭТП, КС и полного вектора T геомагнитного поля. В период афтершоков данного землетрясения наблюдаются аномальные изменения с амплитудой $T \sim 10$ нТл., $S_k = 80$ Ом.м., значения ЭТП на приемной установке, направленной В-З, испытывают изменения до 30 мВ, а в направлении С-Ю - 5-7 мВ, что видимо обусловлено естественной поляризацией среды. Идентичный ход и изменения с большими амплитудами различных параметров, характеризующих физическое состояние объема горных пород, дают основание сделать предположение об изменении напряженно-деформированного состояния среды в очаговой зоне Парванийского землетрясения.

В пятой главе приводятся результаты режимных исследований временных вариаций ЭТП. Исходя из периода изменений выделены: длиннопериодные вариации сезонного характера, связанные с климатологическими и гидрологическими условиями района наблюдений.

Второй тип вариаций с периодом от 2-3 до 15-20 суток проявляется независимо от сезона и частично по времени совпадает с сейсмическими событиями.

Третий тип вариаций представляет собой короткопериодные изменения с периодом до одних суток, связанные с периодическими вариациями типа S_q , индуцированными вторичными полями, промышленными электрическими помехами и т.п.

В отношении изучения сейсмотектонических процессов особый интерес вызывают вариации второго типа. В процессе исследования выявлены характерные аномальные изменения ЭТП данного типа, превышающие фоновые вариации в 3-4 раза. Эти данные рассматриваются в сопоставлении с изменением сейсмологических и других геофизических параметров, а также с метеорологическими данными. Для контроля аномальных изменений применялись различные методы

аналитической обработки полученных результатов, которые дают возможность исключить влияние различных факторов (изменение ЭДС собственного потенциала одного из электродов, индукционные явления и т.п.). В частности рассматривается отношение напряженности поля на параллельных установках, что позволяет аналитическим путем исключить влияние разного рода источников, подчеркивая роль локальных неоднородностей в районе пункта наблюдения при накоплении тектонических напряжений.

Для исследования временных изменений короткопериодных бухтообразных вариаций компонентов ЭТП, применялась следующая методика:

1. Выделяются короткопериодные, совпадающие по времени и периоду вариации ЭТП, на составляющих E_x и E_y .

2. Вычисляется отношение амплитуд этих вариаций E_x/E_y отдельно для различных периодов.

3. Вычисляются среднесуточные или среднемесячные значения E_x/E_y для различных периодов.

Согласно полученным результатам за период 1981-1985 гг., аномальные изменения E_x/E_y разных периодов, совпадающие по времени с сейсмической активизацией, отличаются по амплитуде, что видимо обусловлено вертикальными неоднородностями геоэлектрического разреза.

Не только локальные неоднородности, но и конкретный регион, исходя из характерного геолого-тектонического строения, может вносить свои поправки в пространственно-временную зависимость проявления аномальных изменений ЭТП. В связи с этим, на основании данных, полученных на территории Арм.ССР, выявлена зависимость функции $\lg \Delta T R$ от энергетического класса землетрясений K , аппроксимированная прямой методом наименьших квадратов:

$$\lg \Delta T R = 0,116K + 1,32$$

где ΔT - время опережения предвестника сейсмического события,

R - эпицентральное расстояние землетрясения.

Коэффициент корреляции прямой с реальными значениями составляет $r = 0,71$, дисперсия точек $S_0^2 = 0,095$. Из полученной пространственно-временной зависимости предвестников ЭТП от значения K следует, что при конкретном значении K , $\lg \Delta T R = \text{const}$. Исходя из этого, получены расчетные кривые, с помощью которых можно оце-

нить как зону проявления предвестников ЭТП, так и время появления аномальных изменений в зависимости от эпицентрального расстояния и энергетического класса землетрясений.

Для исследования изменения ЭТП в связи с деформационными процессами, в штольне подземной геофизической обсерватории "Гарни" проводились синхронные регистрации ЭТП и деформаций земной коры с дискретностью 1 мин., по компонентам С-Ю и В-З. Результаты спектрального анализа показывают, что в спектрах всех временных рядов имеются локальные максимумы спектральной плотности на периодах 12 и 24 часа. Кроме спектрального, были использованы и некоторые другие методы анализа рассматриваемых временных рядов. В частности, в исходных рядах были выделены длиннопериодные составляющие. Для деформаций наблюдается цикличность с периодом около 14 суток. Этот период соответствует приливным изменениям, описываемым зональной функцией. Интересно отметить, что в рядах изменений ЭТП заметно появление периода около 7 суток в середине 14-дневной периодичности деформаций.

В целом полученные результаты показывают наличие некоторых общих черт в тенденциях изменений временных рядов ЭТП и деформаций, а также указывают на целесообразность проведения режимных наблюдений ЭТП, направленных на поиск предвестников землетрясений, в подземных выработках. Это позволяет заметно уменьшить уровень высокочастотных изменений различного генезиса и исследовать более тонкую структуру получаемых временных рядов, связанных с тектоническими напряжениями.

В шестой главе анализируются результаты электрических наблюдений в связи со Спитакским землетрясением и его афтершоками.

Как уже отмечалось, в декабре 1988 года помимо действующих на территории Армянской ССР пунктов электрометрических наблюдений (некоторые из них вышли из строя), были установлены вариометры электрического сопротивления СЭЗ-1 (М.Г. Оставевский и А.Я. Сидорин) на туфах, исходя из высокой тензочувствительности УЭС этих пород (глава 2).

Характерной особенностью длиннопериодных изменений ЭТП, по данным режимных наблюдений в штольне обсерватории "Гарни", перед Спитакским землетрясением можно считать искажения сезонного хода с августа 1988 года. Некоторые тенденции изменения компонентов ЭТП в октябре-ноябре 1988 года по времени совпадают с изменениями деформаций земной коры, регистрируемыми в той

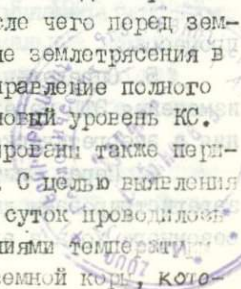
же штольне. За тот же период 1987 года ничего подобного не наблюдалось.

Кроме длиннопериодных вариаций ЭТП, с 16 ноября по 6 декабря 1988 года наблюдались также короткопериодные скачкообразные всплески с периодом от 2-3 до 40-60 минут, с амплитудой от 0,4 до 6 мВ. Результаты исследования импульсных промышленных электрических помех (глава 3) показывают, что в районе Гарни электрические помехи отсутствуют. Кроме того, зарегистрированные возмущения электростатического поля как по форме, так и по амплитудно-частотной характеристике не совпадают ни с одним из трех характерных типов импульсных помех, имеющих в районе города Брванана. Данные изменения как по амплитуде и периоду, так и по характеру проявления и форме, совпадают с аномальными возмущениями ЭТП перед землетрясениями, описанными многократно греческими авторами. Подобные изменения нами были зарегистрированы впервые. Они отсутствовали также после землетрясения.

При сопоставлении данных ЭТП, ЭС с другими геофизическими полями и параметрами зарегистрированные на территории Армянской ССР, можно выделить некоторые общие тенденции в их изменении до и после землетрясения. Вероятно это может свидетельствовать о том, что на достаточно большой площади происходило изменение напряженно-деформированного состояния среды.

4964

Согласно данным вариометрических наблюдений за изменением КС среды, перед некоторыми афтершоками наблюдаются изменения на 1-3%. Выделение подобных изменений не представляет трудности, поскольку происходит изменение фонового уровня значений КС, с дальнейшей медленной релаксацией. Перед одним из самых сильных афтершоков, 31 декабря с $K = 13$, происходит изменение направления полного горизонтального вектора деформаций земной коры с образованием своеобразной петли. Одновременно с 29 декабря сначала наблюдается некоторое увеличение КС, после чего перед землетрясением КС уменьшается на 1,8-2,8%. После землетрясения в течение 1,5-2 суток восстанавливается как направление полного горизонтального вектора деформаций, так и фоновый уровень КС. Кроме изменений данного характера, зарегистрированы также периодические вариации КС с периодом около суток. С целью выяснения природы периодических изменений КС в течение суток проводилось сопоставление этих данных с суточными изменениями температуры и с соответствующей составляющей деформации земной коры, кото-



рая совпадает с ориентацией установки зондирования. Суточные изменения КС как с температурой так и с деформациями коррелируются только некоторыми фрагментами. Это, вероятно может свидетельствовать о том, что суточные изменения КС могли бы вызываться как изменением температуры, так и приливной волной.

Наблюдается также некоторое сходство в более длиннопериодных изменениях КС и деформации земной коры в связи с активизацией афтершокового процесса в эпицентральной зоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Тензочувствительность УЭС туфов, распространенных на территории Армянской ССР (коэффициент тензочувствительности УЭС туфов $K = \frac{\Delta S/\rho}{\Delta l/l} = 30 \pm 1000$), открывает перспективу применения методов электрического зондирования для исследования временных изменений КС горного массива с целью изучения сейсмотектонических явлений, динамического состояния плотин гидросооружений и т.д.

2. Выявлена зависимость изменения напряженности электрического поля на поверхности образцов пород при одноосном сжатии от направления оси сжатия по отношению к приемным диполям, что свидетельствует о направленности изменения электрического поля при изменении напряженно-деформированного состояния среды.

3. Предложенная методика изучения изменения во времени отношения амплитуд бухтообразных вариаций компонентов ЭТП дает возможность контролировать изменение физического состояния среды.

4. Данные спектрального анализа временных изменений ЭТП и деформаций земной коры в штольне подземной обсерватории "Гарни", выявляют корреляционные связи в периодических вариациях этих полей и открывают перспективу для исследования тонкой структуры временных изменений ЭТП, в связи с деформационными процессами.

5. Определена зависимость времени проявления аномального изменения ЭТП перед землетрясениями от эпицентрального расстояния и энергетического класса, на территории Армянской ССР.

6. Перед Спитакским землетрясением 7 декабря 1988 года зарегистрированы два вида аномальных эффектов ЭТП: нарушение сезонного хода в августе 1988 года и возникновение сигналов им-

пульсного характера, начиная с 18 ноября 1988 года.

7. Результаты высокочувствительных вариометрических наблюдений за изменением КС на тупах в период афтершоковой активности Спитакского землетрясения, показывают перспективность развиваемых в настоящей работе подходов для поиска предвестников землетрясений на территории Армянской ССР.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Сирунян Т.А., Овсепян О.Г., Киракосян Х.В. Представление пространственной структуры вековой вариации на территории Кавказа в виде полинома. - Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции молодых геофизиков. Ереван, 1980, с. 50-52.
2. Гамоян В.Б., Киракосян Х.В. Квазистационарные электрические помехи в районе города Еревана. - Изв. АН Арм.ССР, сер. Науки о Земле, т. XXXIII, № 3, 1984, с. 67-70.
3. Киракосян Х.В. Соотношение изменения электротеллурического поля с сейсмической активностью в районе Джавахетского нагорья. - В кн.: Электромагнитные зондирования. Тез. докл. на VII Всесоюзной школе-семинаре. Москва-Звенигород, 1984, с. 54.
4. Киракосян Х.В., Саргсян Г.В. Изменение геофизических параметров в связи с сейсмической активизацией Джавахетского нагорья. - Изв. АН Арм.ССР, сер. Науки о Земле, т. XXXIII, № 1, 1985, с. 49-53.
5. Киракосян Х.В. Изменение параметров электротеллурического поля при сейсмических событиях. - Изв. АН Арм.ССР, сер. Науки о Земле, т. XXXIII, № 6, 1985, с. 76-80.
6. Гедакян Э.Г., Саргсян Г.В., Киракосян Х.В., Тоноян Е.П. Некоторые результаты изучения геофизических предвестников землетрясений на северо-западе территории Армянской ССР. - Изв. АН Арм.ССР, сер. Науки о Земле, т. XXXIX, № 5, 1986, с. 40-47.
7. Оганесян Г.М., Киракосян Х.В. Некоторые аномальные изменения ΔT и ЭТП в связи с сейсмическими событиями на территории Арм.ССР. - В кн.: Прогноз землетрясений, № 7, Душанбе-Москва, Дониш, 1986, с. 211-215.
8. Киракосян Х.В. Характер проявления электротеллурических предвестников землетрясений на территории Армянской ССР. - В кн.:

- Геодинамика Кавказа. Тез. докл., Ереван, 1986, с. 122-123.
9. Гелаян Э.Г., Геворкян Р.Г., Енгоян М.С., Игнатосян Г.О., Киракосян Х.В. и др. Ереванское землетрясение 2 августа 1984 года. - В кн.: Поиск геофизических предвестников землетрясений на Кавказе. Труды Института геофизики АН СССР, т. 54, Тбилиси, Мецниереба, 1987, с. 48-68.
10. Сирунян Т.А., Григорян Р.А., Киракосян Х.В. и др. Результаты геофизических прогностических работ на полигонах Армянской ССР. - В кн.: Поиск геофизических предвестников землетрясений на Кавказе. Труды Института геофизики АН СССР, т. 54, Тбилиси, Мецниереба, 1987, с. 129-135.
11. Киракосян Х.В., Гамоян В.Б. Возможный механизм и закономерности проявления электротеллурических предвестников землетрясений на территории Армянской ССР. - Изв. АН Арм.ССР, сер. Науки о Земле, т. X, № 3, 1987, с. 43-48.
12. Киракосян Х.В., Тоноян Е.П., Оганесян Г.М. Некоторые результаты изучения электромагнитного поля на территории Арм.ССР. - В кн.: Современные геофизические исследования. ИГиС АН СССР, часть I, Москва, 1987, с. 104-111.
13. Нерсесов И.Л., Киракосян Х.В., Ахвердян Л.А. Характер изменения некоторых геофизических полей в связи со Спитакским землетрясением. - Тез. докл. Международного семинара Спитак-88. Ереван, 1989, с. 16-17.
14. Киракосян Х.В., Ахвердян Л.А. Некоторые результаты электрических наблюдений в связи со Спитакским землетрясением и его эпицентрами. - Тез. докл. Международного семинара Спитак-88. Ереван, 1989, с. 17-18.



Формат бумаги 60x84. Заказ 218.

Тираж 100 экз. ВФ 06144

Типография Армянского Государственного
института физической культуры

Ереван, ул. Мравяна, II .

1914