

АКАДЕМИЯ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ

---

На правах рукописи

АХВЕРДЯН Леон Артаваздович

ИСТОЛКОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕОМАГНИТНОГО  
ПОЛЯ ЗАНГЕЗУРСКОГО СЕЙСМОАКТИВНОГО РАЙОНА АРМЯНСКОЙ ССР

Специальность 04.00.12 - Геофизические методы поисков и  
разведки месторождений полезных ископаемых

Диссертация написана на русском языке

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Тбилиси - 1982

Работе выполнена в ордена Трудового Красного Знамени Институте геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР и в ордена Ленина Институте физики Земли им.О.Ю.Шмидта АН СССР.

Научный руководитель: доктор технических наук  
профессор Л.Л.ВАНЬЯН

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор О.А.САРКИСЯН  
кандидат физико-математических наук Дж.С.ЧИКОВАНИ

Ведущее предприятие: Институт сейсмологии АН Узбекской ССР.

Автореферат ревоздан " 9 " 9 1982 г.

Защита диссертации состоится " 11 " 11 1982 г. в

часов на заседании Специализированного Совета К 007.14.01 в Институте геофизики АН Грузинской ССР в конференц-зале института.

Отзывы на автореферат диссертации, заверенные ученым секретарем и скрепленные гербовой печатью организации, в двух экземплярах, просим выслать по адресу:

380093, г.Тбилиси, ул.З.Рухадзе,1, Институт геофизики АН ГССР.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА,

канд. физ-мат. наук

А.Г.АМИРАНАШВИЛИ

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Армянское нагорье и Малый Кавказ в целом являются одной из наиболее сейсмоактивных областей Средиземноморского сейсмического пояса. Имеющиеся сейсмостатистические данные, охватывающие много веков, показывают, что здесь неоднократно происходили сильные и разрушительные землетрясения, среди которых особенно известно Зангезурское землетрясение, происшедшее в 1931 году.

Предотвратить землетрясение, вызываемое закономерным ходом горообразовательных процессов земной коры, не в силах человеческих. Пока невозможна также точный прогноз землетрясений, т.е. определение силы, места и времени их возникновения.

Однако, в последние годы, благодаря развитию геомагнетизма и измерительной техники магнитометрии появилась возможность выделить и изучить не общем фоне магнитного поля более тонкие эффекты, позволяющие судить о динамике процессов, протекающих в земной коре и в верхней мантии.

В частности, становится возможным подойти к решению одной из актуальных задач геофизики, имеющей большое практическое значение, поискам предвестников землетрясения магнитным методом.

Поиски магнитных предвестников землетрясений основаны на зависимости магнитных свойств горных пород от тектонических упругих напряжений, т.е. если подготовка землетрясения связана с перераспределением напряжений в области будущего очага, то наличие магнитных пород в ней приводит к возникновению избыточного локального магнитного поля в эпицентральной зоне, другими словами, локального изменения магнитного поля на поверхности.

Изучение аномалий векового хода геомагнитного поля приобретает большое значение при поисках предвестников землетрясений. Оно дает возможность установить связь между магнитными и тектоническими процессами.

Принимая во внимание, что крупные города, а также промышленные центры Армении в основном расположены в сейсмоопасных районах, после Зангезурского разрушительного землетрясения, 10 апреля 1969 года Совет Министров Армянской ССР утвердил 7-летний план комплексных научно-исследовательских, геолого-геофизических и инженерно-сейсмологических исследований по проблеме: "Изыскание ме-

тодов прогноза землетрясений на территории Армянской ССР".

Именно в этом аспекте были начаты исследования на Зангезурском геодинамическом полигоне после восьмибального землетрясения, происшедшего 9 июня 1968 года. Рассматривая, работа является частью этих исследований.

#### Основные задачи исследований.

а) Выявить существование магнито-упругого эффекта и возможность его использования как одного из признаков подготовки землетрясения на полигоне.

Для этого:

1/ Разработать методические приемы проведения повторных магнитных съемок на полигоне.

2/ Исследовать возможную связь локальных изменений геомагнитного поля с различными тектоническими и сейсмическими событиями.

3/ Исследовать связь между аномалиями векового хода и тектоническими процессами в пределах Зангезурского полигона.

4/ Дать теоретическую оценку величины ожидаемого магнитоупругого эффекта в пределах полигона.

Научная новизна. Методы исследования геомагнитных вариаций в сейсмоактивных районах еще не имеют достаточно четко разработанных основ и на рассматриваемой территории проводились впервые. В результате исследования:

- установлено, что в эпицентральной зоне во время Зангезурского землетрясения наблюдалось убывание магнитного поля величиной 20-25 гамм за 2,5 часа до толчка с последующим восстановлением первоначального уровня ;,

- проведено изучение магнитных свойств образцов горных пород из Зангезурского геодинамического полигона. Можно считать, что отобранная коллекция достаточно представительна и может быть использована для оценки магнито-упругого эффекта;

- в эпицентральной зоне обнаружена аномалия векового хода геомагнитного поля величиной 20-28  $\gamma$  в период 1969-1974 г.г.;

- составлена карта  $Z_a$  -аномального поля эпицентральной зоны Зангезурского землетрясения;

- на основе изучения магнитного поля района и магнитных свойств горных пород проведен теоретический расчет величины магнито-упругого эффекта в пределах эпицентральной зоны Зангезурского землетрясения 1968 года.

Практическая ценность. Полученные в диссертации результаты имеют важное практическое значение, так как они могут способствовать развитию научно-исследовательских работ по изучению магнито-упругого эффекта в сейсмоактивных зонах республики с целью поисков магнитных предвестников землетрясения.

Апробация работы. Основные положения и результаты произведенных исследований докладывались на УШ Всесоюзной конференции по постоянному полю и палеомагнетизму (Киев, 1970 г.), на республиканской конференции геофизиков и сейсмологов (Ленинакан, 1970 г.), в Президиуме АН Арм.ССР, на выездной сессии Академии наук Армянской ССР (Кафан, 1970 г.), на XV международной Генеральной ассамблее геодезического и геофизического союза (Москва, 1971 г.), на XII конференции молодых ученых ЕрГУ (Ереван, 1972 г.), на заседании Всесоюзной школы по проблеме "Глубинные электромагнитные исследования" (Сухуми, 1973 г.), на международном симпозиуме по поискам предвестников землетрясений (Ташкент, 1974 г.), на XI Всесоюзной конференции по постоянному полю и палеомагнетизму (Москва, 1976 г.), на республиканском семинаре "Прогноз землетрясений" (Ереван, 1977 г.).

Публикация. По теме диссертации опубликовано 13 статей.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, заключения и приложений, изложенных на 119 страницах машинописного текста, списка литературы (175 наименований). Текстовая часть работы иллюстрируется рисунками (69) и таблицами (5).

Работа выполнена в Гарнийской геофизической обсерватории Института геофизики и инженерной сейсмологии Академии наук Армянской ССР совместно с лабораторией Главного геомагнитного поля и в отделе "Электромагнитное поле Земли" Института физики Земли АН СССР.

Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность научному руководителю доктору технических наук, профессору Л.Л. Ваньяну.

На различных этапах исследований автор получал консультативную помощь со стороны кандидата физико-математических наук О.М. Барсукова, Ю.П. Сквородкина, Л.С. Безуглой, доктора физико-математических наук А.Н. Пушкова, которым приносит благодарность.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Во введении в кратком изложении указываются физические предпосылки для выявления магнито-упругого эффекта и трудности выполнения этой задачи, сформулированных задач работы и кратко излагается содержание отдельных глав.

Глава I посвящена обзору литературы.

Обзор работ показывает, что к настоящему времени в литературе накопились много фактов, подтверждающих существование реальной связи между локальными изменениями геомагнитного поля и различными процессами, происходящими в земной коре и верхней мантии (В.Н. Орлов, Г.Н. Петрова, В.Н. Головков, О.М. Барсуков, Ю.П. Сквородкин, Л.С. Безуглая, И.М. Пудовкин, К.Н. Абдуллабеков, В.Г. Кузнецова, В.А. Ларионов, В.А. Шапиро, Н.А. Иванов, Рикитаки, Брайнер, Ковач, Тазима, Джонсон, Стайси, Мур и др.). В отдельных параграфах рассмотрены: теоретическая основа магнито-упругого эффекта и результаты лабораторных исследований магнитных свойств горных пород в условиях высоких давлений и температур.

Дается анализ полученных различными авторами данных о магнито-упругом эффекте. Описываются физические предпосылки возникновения локальных изменений геомагнитного поля, связанных с подготовкой и осуществлением землетрясений, извержений вулканов, тектоническими процессами и промышленными взрывами.

Наблюдения геомагнитного поля при извержении вулканов (Стайси, Джонсон) и измерения магнитного поля при искусственных взрывах (А.Г. Калашников, Б.А. Удзенкова, В.А. Шапиро, О.М. Барсуков, Ю.П. Сквородкин, Козлов, А.Н. Пушков, Брайнер, Ален) установили существование магнито-упругого эффекта и возможность его обнаружения.

В последнем параграфе главы исследуется зависимость длительности проявления предвестника от силы землетрясения.

Приводится таблица (К.Н. Абдуллабеков, В.П. Головков), где даны ориентировочные параметры магнитных эффектов и соответствующие характеристики измерительной сети, а также длительности проявления предвестника.

Судя по работам других авторов (Шольц, Агарвар и др.), длительность предвестника в зависимости от силы землетрясения составляет соответственно, для долгосрочных - 25 лет, а для кратко-

срочных - от минуты до первых недель, по работам Зубкова, Мячкина и Мигунова длительность для долгосрочных предвестников составляет более 10 лет, для краткосрочных - до десяти дней.

Исходя из теории подобия твердых деформируемых тел, впервые был проведен теоретический расчет зависимости длительности проявления предвестника от силы землетрясения (А.Г. Назаров). В рассматриваемой работе условия разрушения горных пород приближаются к условиям разрушения лабораторных образцов из камня, каменной кладки или бетона.

Для этих образцов, размером примерно 20-70 см, интервал времени от начала деформации до разрушения составляет 5-15 сек.

При сопоставлении результатов, полученных А.Г. Назаровым, с результатами Шольца и др. получается, что по А.Г. Назарову для землетрясения с  $M = 6$  длительность составляет 2,5 суток, а по Шольцу и др. - 2,5 года. Выше  $M \approx 4$  коэффициенты по А.Г. Назарову растут очень медленно, а по вышеуказанным работам, по экспонциальному закону. Получается, что для долгосрочных предвестников существуют разногласия между наблюдаемыми критериями и теорией. Видимо, А.Г. Назаровым при расчете брался слишком маленький промежуток времени от начала деформации образца до разрушения. Кроме того, не учитывалось упругое сопротивление среды, окружающей очаг. Этот вопрос требует пристального рассмотрения.

Глава II посвящена геолого-геофизическому обоснованию магнитоупругих исследований на Зангезурском геодинамическом полигоне. Для этого рассматривалось:

а) Геология. В геологическом строении района эпицентральной зоны участвуют известняки верхнего девона и перми, вулканогенная толща нижнего мела, вулканогенно-осадочные отложения нижнего-среднего и верхнего эоцена, прорванные гранодиоритами и габбро андезито-базальты, туфопесчаники (А.А. Габриелян, О.А. Саркисян, Г.П. Симонян).

Особенностью Зангезурского геодинамического полигона является относительно широкое развитие интрузивных образований, к которым приурочены все магнитные аномалии эпицентральной зоны. В состав интрузивных пород эпицентральной зоны входит Гехи-Гярдский интрузивный массив, среди пород которого выделяются гранодиориты, габбро-диориты, габбро-порфириты, габбро, роговообманковые габбро. Рудный минерал отмечается в большом количестве и представлен маг-

нетитом и титаномагнетитом. Гехи-Гярдский интрузивный массив. расположен вдоль Пирамзасарской, Чайкендской, Гярдской разрывных зон. Это подтверждается данными аэромагнитных съемок на значительной высоте ( = 4 км.).

б) Тектоника. В тектоническом отношении полигон отличается обилием разрывных нарушений. Наиболее крупное из них - Хуступ-Гиратахский разлом, сочленяющий Сомхето-Кафанскую и Армянскую складчатые зоны и ограничивающий эпицентральной зону с востока. На западе зона сочленения ограничена Дебаклинским разломом глубокого заложения. На участке пересечения трех крупных разломов (меридионального - Гярдского, северо-западного - Пирамзасарского и субширотного - Чайкендского) образуется Гехинский тектонический блок-треугольник, который является самым сейсмоопасным участком района (А.А.Габриелян, О.А.Саркисян, Г.П.Симонян, П.Г.Алоян).

Эпицентральной зона имеет мозаично-блоковое строение. Блоковые подвижки являются возможной причиной возникновения Зангезурских землетрясений (А.А.Габриелян, О.А.Саркисян, Г.П.Симонян, П.Г.Алоян).

в) Магнитное поле. На основе карты нормального поля эпохи 1970 г. Кавказского региона (О.Г.Овсепян) и значений наблюдаемого поля эпицентральной зоны Зангезурского землетрясения 1968 г. составлена карта аномального поля.

Качественная интерпретация магнитного поля дается на основе сопоставления карты с геолого-тектоническими картами и с учетом магнитных свойств отобранных образцов горных пород района.

Максимальное значение аномального поля достигает + 4270  $\gamma$  на участке, расположенном вдоль разлома Каджаран-Гярд. Аномалия обусловлена породами, имеющими высокие магнитные параметры, в частности, габбро и роговообманковыми габбро.

Большая часть участка отвечает отрицательным значениям магнитного поля, достигающим в отдельных случаях - 700 - 1300  $\gamma$ . В западной части района аномалии значение в среднем  $\mp$  700-1000  $\gamma$ , но имеются отдельные аномалии, в которых напряженность поля значительно выше - 3300  $\gamma$ .

Подобная картина наблюдается и по Чайкендскому разлому. В Чайкенде значения аномального поля достигают + 1600 + 2000  $\gamma$ , а в самом Гехи - 2400  $\gamma$ . Эти аномалии связаны с габбро-порфиритами. То же самое подтверждается и по данным аэромагнитных съемок, кото-

рые проводились на разных высотах. Результаты интерпретации аэромагнитных данных показывают, что магнитные тела залегают на глубинах от 0,6-0,8 км. до 6-7 км.

Пересчеты аномального магнитного поля эпицентрального района землетрясения 1968 г. показывают, что существующие интенсивные крупные магнитные аномалии не затухают даже при пересчете на высоту 15 км. Это говорит о крупных размерах и о большой глубине залегания магнито-возмущающих тел.

Эпицентральная зона совпадает с осью линейной магнитной аномалии (Г.П. Горшков, Д.Н. Рустанович, Милая, 1973).

Наличие интенсивных магнитных аномалий в разрывных зонах создает благоприятные условия для проведения магнито-упругих исследований, особенно в тех случаях, когда тела, создающие аномалии, залегают на глубинах порядка глубины очагов.

г) Сейсмичность. Изучаемый район по карте сейсмического районирования (1965) находится целиком в 8-балльной зоне.

Инструментальное определение параметров землетрясения 1968 г. дало следующие результаты: магнитуда  $M = 5$ , координаты  $\varphi = 39,3^\circ$ ,  $\lambda = 46,1^\circ$ , глубина очага  $h = 10-15$  км (Д.И. Сихарулидзе, А.Х. Баграмян, Н.К. Каралетян).

По данным сейсмологической экспедиции ИФЗ АН СССР глубина очага была  $h = 6-8$  км, а затем, вследствие миграции очага, стала  $h = 1,5-3$  км,  $M = 5,2$  (Д.Н. Рустанович).

Преобладающими напряжениями в очагах Зангезурских землетрясений 1968 г. являются напряжения сжатия. Оси сжимающих напряжений при всех рассмотренных афтершоках имеют горизонтальную ориентацию и направлены перпендикулярно простиранию плоскостей разрывов в очагах Зангезурских землетрясений (Е.Н. Широкова).

Если сопоставить карту эпицентров афтершоков Зангезурского землетрясения с геологической картой эпицентральной зоны, то видно, что все афтершоки расположены в пределах Гехи-Гярдского интрузивного массива. Это позволяет считать, что накопление и перераспределение упругих напряжений произошли в районе с наличием сильно магнитных пород, что могло привести к локальному изменению магнитного поля на поверхности.

Можно считать, что залегание очагов близ поверхности, направление осей сжимающих напряжений в разрывных зонах и наличие сильно магнитных пород в этих же зонах создают благоприятные усло-

вия для наблюдения магнито-упругого эффекта на поверхности.

Глава III посвящена изучению краткосрочных предвестников. Здесь рассматриваются экспериментальные (полевые) наблюдения за поведением геомагнитного поля Земли в пределах полигона в период сейсмической активности. Были установлены полевые магнитовариационные станции ИЗМИРАН-4 и Т/вариометр. Для абсолютных измерений геомагнитного поля использовались протонные магнитометры ПМ-5 и РМР-2А. Поскольку основную информацию о вариациях магнитного поля дают МВС и Т-вариометр, была проведена проверка надежности и работоспособности этих приборов. Вычисленный коэффициент корреляции показал, что заметная связь между этими величинами отсутствует и погрешность ( по  $\epsilon$  ) и ( по  $\dot{t}$  ) является допустимой.

Магнитограммы, полученные с помощью МВС ( ст.Гярд ), были сопоставлены с магнитограммами Душетской магнитной обсерватории и ст.Горис.

Во время Зангезурского землетрясения было зафиксировано 6 случаев "аномального" поведения геомагнитного поля.

Случай первый. 18/УШ-1968 г. 14<sup>h</sup>55' ( время по Гринвичу, К  $\neq$  II ). Аномальное поведение магнитного поля на магнитных ст. "Горис" и "Душети" не наблюдалось. Изменение геомагнитного поля на ст. "Гярд" было локальным и резко выраженным ( магнитометр ст. "Горис" в некоторой степени механически отреагирован на колебания при землетрясении ).

Наиболее сильные изменения поля начинаются за два часа до толчка и достигают 20-25  $\gamma$ . После толчка увеличивается на 5-7 гамм и через 3-3,5 часа возвращается к своему первоначальному уровню.

Случай второй. 1/Х-1968 г. 18<sup>h</sup>16'02" ( время по Гринвичу, К = I2 ). Изменение поля имеет локальный характер и может быть результатом магнито-упругого эффекта. До и после толчка явление имеет разный знак.

Случай третий. 17/Х-1968 г. 07<sup>h</sup>51'27" ( время по Гринвичу, К = II ). Записи магнитограмм показывают изменение поля на 10 гамм, в интервале 2,5 часа до толчка и на 15 гамм после толчка в интервале 3,5 часа).

Случай четвертый. 23/1-1969 г. 02<sup>h</sup>10'02" ( время по Гринвичу, К  $\neq$  I0 ). На магнитограмме ст. "Гярд" показано изменение магнитного поля: 12 гамм до толчка в интервале 2,5 часа и 14-15 гамм после толчка в интервале 4 часов.

Случай пятый. 7/III-1969 г. 17<sup>h</sup>20'04" (время по Гринвичу, К = 10,3). На ст. "Горис", "Гярд" и "Душети" (по данным протонного магнитометра) с помощью ПМ-5 отсчеты брались через каждые две минуты. На ст. "Гярд" наблюдается локальное изменение геомагнитного поля. Амплитуда перед толчков достигает 8 гамм, а через 30 минут поле возвращается к своему первоначальному значению.

Случай шестой. 23/III-1969 г. 05<sup>h</sup>42'00" (время по Гринвичу, К = 11). На записи "ст. "Гярд" обнаружено локальное изменение геомагнитного поля величиной 14 гамм перед толчком, а через час поле возвращается к своему первоначальному уровню.

Возникает вопрос, не связано ли наблюдаемое аномальное поведение геомагнитного поля с магнитными возмущениями внешнего происхождения, так как в подобных случаях возрастает вероятность методических погрешностей при наблюдении магнито-упругого эффекта. Для оценки ошибок:

а) была составлена шкала К-индексов для широты Зангезурского геодинамического полигона, где были расположены магнитные станции. В те дни, когда были зарегистрированы локальные изменения геомагнитного поля, связанные с сейсмическими событиями, был рассмотрен К-индекс, который во всех случаях не превышал 3-х баллов;

б) известно, что основные изменения поля, связанные с магнито-упругим эффектом, возникают за счет изменения намагниченности горных пород. Изменения поля, вызванные другими причинами (индукционные токи, перемещение масс), имеют незначительные величины ( $\gg 1 \gamma$ ) и ими можно пренебречь;

в) зафиксированная с помощью МВС и ПМ-5 аномалия не является следствием механического воздействия, так как убывание поля происходит за 2 - 2,5 часа до очередного толчка;

г) одной из причин "ложного магнито-упругого эффекта" может являться различная электропроводность по профилю наблюдений. Различие амплитуд геомагнитных вариаций в пунктах, расположенных на расстоянии 10-15 км, установлено целым рядом исследователей (Wiese, Rikitake, Л.Л.Ваньян, В.М.Литинский, В.Г.Кузнецова). В связи с тем, что территория Зангезурского полигона включает в себя разные геоструктурные элементы, имеющие свои особенности строения, здесь возможно наличие зон геоэлектрической неоднородности и, как следствие этого различия, вариаций переменного геомагнитного поля, в частности, бухтообразных  $H_G$  - вариаций. Сопоставление бухтообраз-

ных возмущений осуществлено путем сравнения амплитуд бухт, синхронно наблюдаемых на трех (ст. Горис, Кафан, с. Гярд) пунктах временной регистрации геомагнитного поля. Подобные сопоставления были проведены и для магнитных бурь с внезапным началом. Анализ проведенных исследований показал, что наибольшая разница в амплитуде 10-15% получена по вертикальной составляющей на ст. "Горис", что связано со слоем низкого сопротивления. Таким образом, аномальное поведение геомагнитного поля в зоне афтершоков не связано с электропроводностью.

Таким образом, при сравнении данных магнито-вариационных станций и протонных магнитометров, расположенных на нормальной (Горис) и аномальной (с. Гярд) станциях, было установлено, что перед толчком наблюдалось убывание магнитного поля в районе очага землетрясения, достигающее в отдельных случаях 20-25 гамм за 2,5 часа до толчка с последующим восстановлением первоначального уровня.

В четвертом параграфе этой главы рассматривается поведение поля в дифференциальной системе "Кафан-Гярд". При изучении дифференциальной разницы полных векторов напряженности геомагнитного поля ст. "Гярд" и "Кафан" было установлено, что с середины августа по октябрь 1970 г. на ст. "Гярд" было обнаружено аномальное изменение поля величиной около 20 гамм, которое предшествовало землетрясению 16 октября 1970 г. Оно было отмечено одновременно как протонными магнитометрами, так и T-вариометрами.

В пятом параграфе приводятся результаты полевых наблюдений вариации геомагнитного поля при взрывах в горных породах в районе полигона (совместно с А. Н. Пушкиным, Ю. П. Сковородкиным, А. И. Козловым и др.). Порода в местах взрыва слабомангнитные ( $J_1 = 1 \cdot 10^{-6}$  СГСМ,  $J_2 = 10^{-5} - 10^{-6}$  СГСМ).

Были зарегистрированы:

1. Необратимые изменения поля амплитудой до 2 гамм. Мощность взрыва составляла 10 т.в.в. при глубине заложения 15-20 м.

2. Знакопеременные импульсы амплитудой 0,75 гамм при измерении дифференциальным методом. Датчики располагались по радиальной линии, ближний на расстоянии 80 м, дальний - 260 м.

Магнитные наблюдения при взрывах в горных породах подтверждают появление магнитной вариации, вызванной механическими напряжениями в горных породах.

Глава IУ посвящена долгосрочным предвестникам, изучению аномалии вековых вариаций. Изменения магнитного поля, вызванные тектоническими движениями, очевидно, можно исследовать с помощью многолетних повторных измерений поля на закрепленных реперах с учетом как сейсмической обстановки, так и геологических условий изучаемой области.

Для выяснения особенностей поведения магнитного поля во времени и пространстве в районе эпицентра Зангезурского землетрясения и сравнения с прилегающими сейсмическими зонами было пройдено два маршрута: северо-восточный Гехи-Горис и широтный Кафан-Гярд. Расстояние между пунктами наблюдений на маршрутах 500-1000 м. С 1969 по 1974 г.г. по маршрутам велись абсолютные измерения поля с помощью ПМ-5, РМР-2А. Одновременно велась непрерывная запись геомагнитного поля на трех магнитных станциях, расположенных на Зангезурском полигоне: г.Горис, с.Гярд, г.Кафан. Все значения поля во время маршрутов были приведены к базисному значению поля в Кафани.

В работе приводится подробное описание методики измерений, оцениваются методические погрешности замеров по контрольным наблюдениям. Описывается характер магнитного поля и величины градиентов по точкам.

Величина среднеквадратичной ошибки  $\bar{\sigma}$  составляет  $\pm 4,3 \gamma$ .

Маршрут Гехи-Горис. Длина маршрута 42 км. В результате повторных наблюдений было установлено, что сложный рельеф, а также выходы на отдельных участках на поверхность обломков сильно магнитных пород создают неустойчивую картину магнитного поля и увеличивают вероятность появления методических погрешностей, которые иногда достигают порядка ожидаемого эффекта, что и затрудняет на маршруте Гехи-Горис выявление локального магнитного поля, вызванного тектоническими причинами.

Маршрут Кафан-Гярд. Длина маршрута 30 км. Первая часть маршрута проходит по юрским отложениям Сомхето-Кафанской тектонической зоны, а вторая выходит в западную часть Армянской тектонической зоны.

В 1969 г. был приложен маршрут, в 1970 г. было проведено два цикла измерений, в 1971 г. - два цикла, в 1972 г. - один цикл, в 1973 г. - два цикла и в 1974 г. - один цикл.

На блоке длиной 8 км., где была выявлена аномалия векового хо-

да, магнитная аномалия достигает более 2000 гамм. Этот участок, за исключением некоторых точек, характеризуется довольно низкими градиентами, что указывает на высокую восприимчивость горных пород на глубине.

На участке маршрута Кафан-Гярд длиной 8 км, ограниченном Пирамзасарским, Чайкендским разломами и расположенном в эпицентральной зоне Зангезурского землетрясения 1968 г., за период с 1969 г. по 1972 г. обнаружено аномальное уменьшение геомагнитного поля на 20 гамм. За период с декабря 1972 г. по октябрь 1973 г. обнаружено приращение поля до 28 гамм. 13 декабря 1973 г. в  $04^{\circ}05'51''$  произошло землетрясение ( $K \geq 10,6$ ) непосредственно в зоне максимальных изменений поля.

Повторное измерение, выполненное с помощью протонных магнитометров РМР-2А, показало увеличение интенсивности поля на участке Чайкенд-Гехи в среднем на 4-6 у. Рост поля говорит, по-видимому, в пользу того, что после землетрясения произошло частичное снятие и перераспределение упругих напряжений.

В период 1974 г. аномалия в целом сохранилась, только носит сложный характер по точкам (наблюдается как увеличение, так и убывание). 18 июля 1975 г. в  $23^{\circ}45'05''$  (по Гринвичу) по данным с/ст. "Горис" произошло новое землетрясение ( $K = 11$ ) непосредственно на аномальном участке.

Таким образом, используя высокоточную аппаратуру и тщательно учитывая все возможности ошибки измерений, многолетние повторные измерения позволили достоверно выделить и исследовать в пространстве и во времени изменения поля, связанные с изменением упругих напряжений в районе, отличающемся благоприятными геолого-геофизическими характеристиками.

Изучены магнитные свойства образцов горных пород, отобранных из Зангезурского геодинамического полигона. Специально отобраны образцы из гранодиоритовой интрузии западной части полигонов, а также образцы порфиритов.

Остаточная намагниченность у оливиновых базальтов -  $J_{2 \text{ min}} = 8450 \cdot 10^{-6}$  СГС, а средняя величина  $J_{2 \text{ сред}} = 10000 \cdot 10^{-6}$  СГС. Большие величины отмечаются у порфиритов, за исключением эпидотхлоритовых, по-видимому, более древних, и порфиритов палеозоя. Из кислых пород наибольшее  $J_2$  у интрузивных пород верхнего эоцена I фазы излияния. Осадочные породы практически немагнитны.

Магнитная восприимчивость пород в эпицентральной зоне достигает от 3400 до  $9900 \cdot 10^{-6}$  сгс.

Образцы гранодиоритов из центральной части интрузива обладают  $\chi_0 = 1700 - 2000 \cdot 10^{-6}$  и  $\chi_0 = 880 - 1200 \cdot 10^{-6}$ , а порфириды на границе гранодиоритового интрузива обладают значительно более высокими параметрами  $\chi_0 = 5700 - 6700 \cdot 10^{-6}$ . Таким образом, магнитность образцов из крайней части интрузива значительно выше магнитности образцов из центральной части, что хорошо согласуется с характером магнитного поля.

В этой же главе рассмотрены расчеты компонентов магнитного поля шара под одноосным сжатием с учетом коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$ , полученным экспериментальным путем под давлением (Ю. П. Сквородкин, В. В. Нагапетян и др., 1971). Замечено, что для вертикальной или горизонтальной намагниченности максимум приращения  $Z_a$  и  $H_a$  совпадает с максимумом  $\Delta Z_a$  и  $\Delta H_a$ . При кривой намагниченности картина существенно изменяется, т.к. наблюдается заметный сдвиг соответствующих максимумов. В области максимальных значений  $Z_a$  и  $H_a$  возможны не только положительные, но и отрицательные приращения, поэтому не исключена возможность существования в этой же области зон, вообще не проявляющих магнито-упругого эффекта.

Таким образом, расчеты магнитного поля намагниченного шара в условиях одностороннего сжатия позволили ориентировочно определить величину и положение максимальных значений магнито-упругого эффекта.

На основании формулы  $\frac{\partial Z}{\partial y} \frac{dy}{dx} \Big|_{x=0} = -\frac{Z_a}{50}$  при  $\frac{\partial y}{\partial x} = 2 \cdot 10^{-3}$  (Э. Э. Фотиади, Г. И. Каратаев, В. А. Ларионов и др. 1970) по магнитным аномалиям полигона подсчитан ожидаемый магнито-упругий эффект, который составляет от 4 до 25 гамм.

В главе У рассматриваются другие предвестники, в частности, в период сейсмической активности с помощью МТЛ-62 велась круглосуточная запись. Полученные магнитограммы сравнивались с магнитограммами Ереванской геофизической экспедиции, проводившей работы в Арагатской долине с помощью МТЛ-62.

Нашими наблюдениями установлено, что в эпицентральной зоне на фоне медленных измерений поля фиксируются квазипериодические вариации с разными периодами колебания от 5 сек. до 2 минут. Форма импульса неправильная. Амплитуда вариации составляет 2-3 гаммы. По своей морфологии наблюдаемые короткопериодные возмущения отличаются от аналогичных возмущений, источником которых служат ионо-

сферные явления.

Вариации неправильной формы перед сильными афтершоками (за 10-12 часов) имеют тенденцию к усилению амплитуды, а более слабым землетрясениям предшествуют непродолжительные изменения амплитуды вариации (за 10-15 минут до толчка).

До и после сильного толчка наблюдалась целая серия мелких толчков, которые отмечены на записях  $H_x$  и  $H_y$  в виде всплесков, что указывает на то, что магнитометры испытывали довольно чувствительное механическое воздействие.

Кроме импульсов, совпадающих с собственной частотой системы вариометров, наблюдаются вариации с периодом колебаний 20-30 сек. Появление подобных вариаций во время землетрясения доказано теоретически (Г.Н. Фонарев, 1969).

Для выяснения физической природы квазипериодических вариаций 1971 г. с помощью станций МТЛ-62 проводилось одновременное наблюдение земных токов в трех пунктах: ст. Гярд, с. Гехи, г. Каджаран. За базовую точку была принята ст. Гярд, где проводилась эталонировка станций и проверка их на идентичность. В результате было установлено, что источниками вариаций с амплитудой 0,1 - 0,5 мВ/км могли быть электросиловые установки Каджаранского медно-молибденового комбината.

На магнитограмме, записанной с помощью МТЛ-62 1 октября 1978 года, перед толчком наблюдается возмущенное поле со средним уровнем с амплитудой 0,5 -  $1 \gamma$ , а в момент толчка наблюдается резкий скачок с амплитудой  $8 \gamma$ , после чего уровень поля сохраняется несколько минут и постепенно затухает.

Если нашу запись сопоставить с записью, которая была получена во время промышленного взрыва с целью регистрации геомагнитных вариаций (А.Н. Козлов, А.Н. Пушкин, Ю.П. Сковородкин и др.), то видно, что во время взрыва зарегистрировано изменение поля, которое состоит из обратимой и необратимой части и что обратимая часть по амплитуде в 5 раз больше, чем необратимая. Необратимое явление связывается с влиянием зоны пластической деформации, либо с разрушением нестабильной остаточной намагниченности горной породы.

Кроме того, необратимые изменения локального поля могут возникнуть в результате изменения локальных тектонических напряжений в породах после взрыва.

В нашем случае тоже наблюдается закономерный импульс и необ-

ратимая часть с амплитудой  $3 \gamma$ , которую, подобно вышеизложенному, можно предположительно считать связанной с тектоническими процессами, происходящими в земной коре.

На территории Гярдского обвального участка, где были установлены репера, начиная с 1969 по 1972 г.г., проводились исследования поведения магнитного поля  $\Delta T$  во времени. В результате было установлено, что изменения магнитного поля на поверхности участков остаточных деформаций величиной  $20 \gamma$  носят заметно направленный характер и обусловлены изменением напряженного состояния подстилающих горных пород.

Кроме магнитных замеров проводились наблюдения за режимом поведения вариаций кажущегося удельного электрического сопротивления на поверхностных деформациях в эпицентральной зоне. Результаты измерений кажущегося удельного электрического сопротивления показали, что наблюдается как увеличение, так и уменьшение, величина которых превышает возможную погрешность измерения в 4 раза.

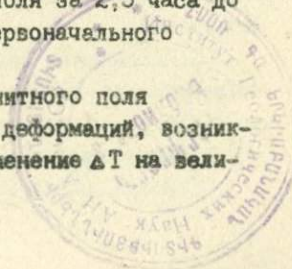
На специально установленных реперах в 1969 г., на которых проводились геодезические замеры, не зафиксированы смещения, и до 1975 г. не наблюдались какие-либо перемещения поверхностных масс.

Приводятся результаты вертикального электрического зондирования в г. Горисе, который подтверждает наше предположение о том, что различия в бухтообразных возмущениях в Горисе (глава III) можно объяснить наличием слоя низкого сопротивления.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В результате исследований установлено:

1. Зангезурский район является перспективным для исследований магнито-упругого эффекта: современные движения земной коры большой степени дифференцированы; имеются крупные интрузии эоцена с магнитной восприимчивостью выше  $10^{-3}$  ед. СГС; высока сейсмическая активность.
2. В эпицентральной зоне во время Зангезурского землетрясения 1968г. было зафиксировано убывание магнитного поля за 2,5 часа до сильного толка с последующим восстановлением первоначального уровня.
3. При исследовании поведения вектора  $\Delta T$  геомагнитного поля во времени на участке поверхностных остаточных деформаций, возникших после землетрясения 1968 г., отмечалось изменение  $\Delta T$  на вели-



181

чину 20 гамм в течение 1969, 1970, 1971, 1972 г.г., обусловленное в основном изменением напряженного состояния подстилающих горных пород.

4. Выходы на поверхность сильномагнитных пород и наличие интенсивных магнитных аномалий на региональном маршруте Гехи-Горис затрудняют выделение определенных участков, где уверенно можно фиксировать магнито-упругий эффект.

5. На региональном маршруте Кафан-Гярд между Пирамзасарским и Чайкендским разломами четко наблюдается аномалия векового хода за 1969-1974 гг. Она дает возможность в дальнейшем при ежегодных повторных измерениях, путем изучения вековых геомагнитных вариаций, прогнозировать активизацию тектонических процессов.

6. Теоретические расчеты показывают, что в Зангезурском геодинамическом полигоне величина вероятного магнито-упругого эффекта может достигнуть от 4 до 25 гамм.

7. Зафиксированная аномалия магнито-упругого происхождения не является результатом электропроводности.

#### Основные положения диссертации опубликованы:

1. Наблюдение сейсмомагнитного эффекта у очага Зангезурского землетрясения. ДАН Арм.ССР, № 3, 1969.

2. Наблюдение сейсмомагнитного эффекта на эпицентре Зангезурского землетрясения 1968 г. Материалы УП конференции по постоянно-му геомагнитному полю и палеомагнетизму. Ч.П, Киев, "Наукова думка", 1970 (совместно с Ц.Г.Акопяном).

3. Изучение годового хода напряженности полного вектора магнитного поля на профиле Гехи-Горис. Материалы республиканской конференции по геофизике и инженерной сейсмологии. Ленинакан, 1970 (совместно с Л.Н.Андроновой, О.Г.Овсепян).

4. Изучения модуля напряженности полного вектора на профиле Кафан-Гярд. В кн. "Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения". Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1973 (совместно с О.М. Барсуковым).

5. Наблюдение сейсмомагнитного эффекта у очага Зангезурского землетрясения 1968 г. В кн. "Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения". Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1973 (совместно с О.М.Барсуковым, Л.Н.Андроновой, О.Г.Овсепян).

6. Исследование магнитных свойств горных пород. В кн. "Ре-

зультаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения". Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1973 (совместно с Л. С. Безуглой).

7. Геологическое истолкование регионального профиля Кафан-Гярд по данным магнитометрических измерений. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции молодых научных сотрудников Армении, Ереван, 1973.

8. О некоторых особенностях бухтообразных возмущений. Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле", № 5, 1973 (совместно с О. М. Барсуковым).

9. Изучение динамики остаточных деформаций в эпицентральной зоне Зангезурского землетрясения 1968 г. Изв. АН Арм. ССР, "Науки о Земле", № 6, 1974 (совместно с Т. А. Сируняном, А. Х. Баграмяном).

10. Исследование особенностей локального изменения геофизических полей сейсмоактивных районов Армянской ССР, с целью поисков предвестников землетрясений. ДАН Арм. ССР, т. IX, № 2; 1974 (совместно с Ц. Г. Акопяном, В. В. Нагапетяном, Ю. П. Сквородкиным).

11. Предвестники землетрясения на Кавказе. В кн. "Поиски предвестников землетрясения". Изд. ФАН Узб. ССР, Ташкент, 1977 (совместно с А. Г. Назаровым, Ц. Г. Акопяном, Ш. С. Оганясяном, В. В. Нагапетяном, Ю. П. Сквородкиным, Т. А. Исмаил-Заде).

12. Об одной аномалии векового хода на региональном маршруте Кафан-Гярд. Материалы XI конференции по постоянному геомагнитному полю и палеомагнетизму. Часть II. Москва, 1976 (совместно с Ц. Г. Акопяном, С. Р. Оганясяном).

13. Расчет аномальных компонентов магнитного поля шара под давлением. Известия АН Арм. ССР, "Науки о Земле", № 2, 1979.

Подписано к печати 29.01.82

Бум. 60x84 печ. I, Лист

Заказ 31 ВФ 03628 Тираж 150

Цех Ротапринт Ереванского госуниверситета.

Ереван, ул. Мравина № 1.

1811