

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ  
ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ ՍԱՄՎԵԼ ՌՈՒԲԵՆԻ

ԸՆԹԱՅԻՎ ՍԵՅՍՄԻՎ ՎՏԱՆԳԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՐԿՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ  
ԴԱՇՏԻ ԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ

ԻԴ.00.08 - «Երկրաֆիզիկա, օգտակար հանածոների որոնման  
երկրաֆիզիկական մեթոդներ» մասնագիտությամբ երկրաբանական  
գիտությունների լուկտորի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

Երևան 2004

---

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ  
АРМЕНИЯ

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ОГАНЕСЯН САМВЕЛ РУБЕНОВИЧ

ОЦЕНКА ТЕКУЩЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ  
ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора  
геологических наук по специальности 24.00.08 "Геофизика,  
геофизические методы поисков полезных ископаемых"

Ереван 2004

Ատենախոսության բնան հաստատվել ՀՀ ԳԱԱ Ակադեմիկոս Ա.Գ. Երզարովի անվան Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտում

Գիտական խորհրդատու՝

Բալասանյան Ս. Յու.- անխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր  
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Գողովկով Վ.Պ. - Ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր,  
պրոֆեսոր

Բաղալյան Ս.Վ. - Երկրաբանա-հանքաբանական գիտությունների դոկտոր,  
պրոֆեսոր

Ավետիսյան Ա.Ս. - Ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր,  
պրոֆեսոր

Առաջատար կազմակերպություն՝

Երևանի Պետական Համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2004թ. դեկտեմբերի 15-ին, ժամը 14<sup>00</sup>-ին

ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի ք. 054  
մասնագիտական խորհրդում:

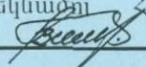
Հասցեն՝ 375019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պող., 24<sup>ա</sup>:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2004թ. նոյեմբերի 5-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,

երկրաբանա-հանքաբանական գիտությունների թեկնածու Վ.Վ. Շահինյան



Тема диссертации утверждена в институте Геофизики и инженерной сейсмологии  
НАН РА имени академика А.Г. Назарова

Научный консультант

Баласанян С.Ю. – доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Головков В.П. - доктор физико-математических наук, профессор

Балабян С.В. - доктор геолого-минералогических наук, профессор

Аветисян А.М. - доктор физико-математических наук, профессор

Ведущая организация:

Ереванский Государственный Университет

Защита состоится 15-го декабря 2004г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании

Специализированного совета 054 Института геологических наук НАН РА

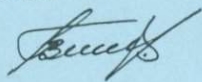
Адрес: 375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24<sup>а</sup>.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГН НАН РА.

Автореферат разослан 5-го ноября 2004г.

Ученый секретарь Специализированного совета

кабинета геолого-минералогических наук



Г.Г. Шатниці

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Оценка текущей сейсмической опасности имеет прямое отношение к фундаментальной проблеме прогноза землетрясений, значение которой трудно переоценить для стран, расположенных в сейсмоактивных зонах. Известно, что ежегодно, в связи с ростом урбанизации сейсмоопасных территорий мира, растет число жертв и разрушений при сильных землетрясениях. Особенно сильно это выражено в развивающихся странах, где каждое значительное сейсмическое событие сопровождается не только многотысячными человеческими потерями, но и колоссальным материальным ущербом, отбрасывающим дальнейшее развитие этих государств на десятки лет.

Создавшееся положение, с непрерывным ростом сейсмического риска, достаточно хорошо прослеживается и на примере Армении. Так, в 1926г. известное Ленинканское землетрясение унесло жизни около 1000 человек, а в 1988 г. повторившееся землетрясение приблизительно в том же районе нанесло безвозвратный ущерб уже в 25.000 жизней.

Известно, что проблема прогноза землетрясений, т.е. определение места, времени и силы землетрясения, является одной из сложнейших задач современной сейсмологии, которая носит вероятностный характер, зависящий от многих факторов - от наличия государственной сейсмологической службы и развитых мониторинговых систем наблюдения до благоприятных физико-геологических условий. По мнению выдающегося японского сейсмолога К. Касахары, удачные прогнозы, сделанные в Китае,

Японии, США, СССР и других странах, переводят вопрос о том, могут ли прогнозироваться землетрясения, из такой постановки в плоскость – какие землетрясения, с какой вероятностью и в каких физико- геологических условиях могут прогнозироваться?

Сегодня широкомасштабные исследования в области прогноза землетрясений ведутся во всех крупнейших сейсмологических центрах мира. Работы эти проводятся во всех направлениях – от поиска наиболее эффективных предвестников землетрясений до разработки экспертных систем прогноза сейсмических событий на основе ретроспективного анализа данных по всем имевшим место сильным землетрясениям.

Имея в виду, что современная методика прогноза основана на ретроспективно накапливаемом эмпирическом материале, становится ясно, что вероятность правильного прогноза прямо зависит от представительной статистики наблюдений. Понятно также и то, что эта статистика должна охватывать периоды повторяемости сильных землетрясений, которые исчисляются десятками и сотнями лет. Отсюда вытекает, что сегодня одной из основных проблем высоковероятного прогноза является непредставительная статистика, охватывающая короткие временные интервалы наблюдений.

В поисках преодоления этой «статистической» проблемы, а также в целях использования накопленных промежуточных знаний в области прогноза землетрясений для сейсмической защиты населения, профессором С. Ю Баласаняном в 1991 г. было введено понятие оценки текущей сейсмической опасности. Оценка текущей сейсмической опасности означает не прогноз отдельного сильного землетрясения, а оценку резкого изменения сейсмического режима, которое может привести к сильному

сейсмическому событию. Подобный подход, как показывает опыт деятельности Армянской Национальной службы сейсмической защиты начиная с 1991г., Китайского Государственного сейсмологического бюро, Исландской сейсмологической службы и других государственных сейсмологических служб, позволяет своевременно информировать Правительство о повышении сейсмической опасности и предпринимать профилактические контрмеры, направленные на сейсмическую защиту населения.

Таким образом, актуальность проблемы оценки текущей сейсмической опасности, которая является важнейшим промежуточным шагом на пути к высоковероятному прогнозу землетрясений, становится очевидной.

Представленная работа посвящена проблеме оценки текущей сейсмической опасности на основе изучения динамики геомагнитного поля. В основу работы положен 30-летний научный материал автора, включающий экспериментальные исследования тектономагнитного эффекта в лабораторных и натуральных условиях, уникальные временные наблюдения за динамикой геомагнитного поля на территории Армении, а также разносторонний анализ полученных данных.

**Состояние проблемы.** Проблема оценки текущей сейсмической опасности, даже с использованием различных комплексов геофизических методов, является весьма сложной задачей. В основу оценки текущей сейсмической опасности также, как и при прогнозе землетрясений, положено изучение и использование предсейсмических явлений, названных предвестниками землетрясений.

Одним из предвестников землетрясений, представляющих большой интерес с точки зрения оценки текущей сейсмической

опасности и, в дальнейшем, прогноза землетрясений, являются аномальные вариации геомагнитного поля тектономагнитной природы. Высокая информированность этого предвестника землетрясений показана на геофизических полигонах Средней Азии, Казахстана, Китая, Японии, Армении и других стран.

Решению задач по оценке текущей сейсмической опасности (ОТСОП) способствует изучение основных магнитных параметров горных пород, залегающих в сейсмоактивных зонах.

Если по данным отдельного пункта наблюдений можно выявить предвестник землетрясений, то по нему нельзя определить координаты формируемого очага и оценить его силу, так как предвестники близкого землетрясения средней силы и более удаленного сильного землетрясения вызывают в пункте наблюдения схожие тектономагнитные эффекты, что не позволяет оценить характер возмущенного источника и расстояние до него. Из этого следует, что для эффективной организации работ по оценке текущей сейсмической опасности необходимо создание единой сети наблюдательных пунктов, что обеспечит возможность слежения за ходом деформационных процессов на всей интересующей нас территории. По характеру наблюдаемых изменений деформационного процесса в разных точках контролируемой территории можно судить о расположении очага готовящегося сейсмического события, а также, в первом приближении, о возможной интенсивности источника. Реализация этого подхода, в частности, возможна методом прецизионной магнитометрии, параллельно с усовершенствованием геомагнитного метода изучения тектономагнитного эффекта.

Сейсмотектонический процесс является результатом деформирования горных массивов при накоплении тектонических

упругих напряжений в земной коре, о чем можно судить только по косвенным признакам, исследуя пространственно-временный ход различных геофизических параметров. Информативность конкретного параметра зависит от методов его фильтрации для исключения влияния разного рода мешающих факторов, что позволит следить за развитием тектонических процессов. Использование прецизионной магнитометрии успешно решает задачу фильтрации.

Согласно теории тектономагнетизма, изменение тектонических напряжений приводит к изменению локального геомагнитного поля. Под тектономагнетизмом понимается изменение локального геомагнитного поля, вызванное тектоническим процессом, физическим основанием которого служит явление пьезомагнетизма. Геомагнитный параметр, на изменениях которого базируется возможная оценка текущей сейсмической опасности, будем называть прогностическим. Для его регистрации стало необходимо разработку методов измерений и обработки данных, с фильтрацией мешающих или, так называемых, натуральных помех. Решение этой задачи требует моделирования самого явления пьезомагнетизма в лабораторных и натуральных условиях, и изучения искусственно полученного пьезоэффекта в горных породах.

Локальные геомагнитные аномалии обнаружены во многих сейсмоактивных регионах, результаты интерпретации которых доказывают их тектономагнитную природу. Но количество выявленных тектономагнитных аномалий (предвестников) меньше, чем количество землетрясений. Каждое отдельное землетрясение не имеет своего конкретного "предвестника"-локальное изменение поля, не считая отдельных случаев. Здесь трудность

заключается в проведении однозначной интерпретации локальных аномалий, что является следствием отсутствия конкретных функциональных связей между геомагнитными и сейсмическими параметрами. Не решен вопрос влияния магнитуды, а также расстояния между очагом землетрясения и геомагнитным пунктом, на величину амплитуды локальной аномалии.

Описанные предвестниковые эффекты обильны, с различной физической природой, что говорит о неустойчивости этих явлений. Наряду с этой неустойчивостью выявлены некоторые корреляционные закономерности, связывающие характеристики проявления предвестника с характеристиками готовящегося землетрясения. Но эти закономерности проявляются только в отдельных регионах, что говорит о существенной зависимости проявления предвестников от свойств земной коры изучаемого района. Исходя из этого, для изучения предвестниковых явлений необходимо локализовать в пределах одного тектонического региона.

Анализ современных исследований в области тектономагнетизма показывает, что для оценки текущей сейсмической опасности на основе геомагнитных наблюдений все еще нерешенными остаются следующие вопросы:

- районирование тектономагнитных эффектов на территории Армении, т.е. изучение физико-геологического строения с точки зрения геомагнетизма;
- методика выявления геомагнитных предвестников и их особенности;
- установление взаимосвязи между геомагнитными и сейсмическими параметрами среды.

**Цель работы.** Разработка геомагнитного метода оценки текущей сейсмической опасности.

**Задачи работы.** Достижения поставленной цели связана с решением следующих задач.

1. Оценка величин пьезомагнитных коэффициентов горных пород, залегающих в верхней магнитоактивной толще земной коры территории Армении.

2. Моделирование пьезомагнитного эффекта на массивных образцах горных пород при их сложнопнапряженном состоянии.

3. Выявление роли направленности геомагнитного поля при образовании и разрушении горных пород в лабораторных условиях.

4. Моделирование сейсмо - и тектономагнитного эффекта в горных породах в натуральных условиях с помощью взрывов и при заполнении водохранилища.

5. Выявление локальных геомагнитных аномалий тектономагнитной природы в сейсмогенных зонах территории Армении.

6. Разработка методики фильтрации натуральных помех при исследованиях тектономагнитного эффекта.

7. Установление пространственно - временной связи сейсмического режима с изменениями локального геомагнитного поля.

8. Экспериментальное выявление нормирующего параметра для оценки распределения магнитоупругой энергии в зависимости от расстояния предполагаемой зоны подготовки сейсмического события до геомагнитной станции.

9. Определение величины аномалий геомагнитного поля, предшествующих тектоническим землетрясениям в геологических условиях Армении.

10. Определение функциональных зависимостей тектономагнитного эффекта  $\Delta T = f(M)$ ;  $\Delta T = f(R)$  от магнитуды (M) и расстояния (R) до зоны подготовки сейсмического события.

11. Выяснение закономерности физических процессов формирования тектономагнитного явления при образовании очагов тектонических землетрясений.

12. Определение активных и пассивных областей образования тектономагнитного эффекта; оценка величины амплитуды динамики; построение схематической тектономагнитной карты для территории Армении.

13. Оценить величины накапливающихся тектонических напряжений на основе обнаруженных связей  $\Delta T = f(M)$  и  $\Delta T = f(R)$ .

**Научная новизна.** В диссертационной работе обобщены результаты тектономагнитных исследований в Армении за последние тридцать лет и разработан новый геомагнитный метод для ОТСОП-и на основе изучения динамики геомагнитного поля. Обнаружены: 1) динамические геомагнитные эффекты импульсообразного изменения магнитного поля образцов горных пород и геологических структур при накоплении упругих напряжений; 2) магнитная слоистость горных пород и закономерности образования пьезомагнитного эффекта, зависящие от предистории образования горной породы.

Предложен новый нормирующий параметр воздействия высвобожденной сейсмической энергии на магнитоупругую среду, позволяющий однозначно интерпретировать локальные аномалии тектономагнитной природы. Обнаружены взаимные связи между сейсмическими параметрами и динамикой геомагнитного поля. В вариациях геомагнитного поля выявлено импульсообразное изменение модуля полного вектора индукции геомагнитного поля, являющегося новым прогностическим параметром: динамический тектономагнитный эффект (ДТЭ). Обнаружены тектономагнитные временные волны и построена тектономагнитная модель Земной коры территории Армении.

**Практическая ценность.** Показана возможность с помощью тектономагнитных вариаций геомагнитного поля оценить ожидаемую высвобождаемую сейсмическую энергию в данном регионе. Показано, что, с помощью прогностических параметров тектономагнитной вариации, можно определить возможную магнитуду, координаты зоны подготовки и время повышения сейсмической опасности. Предложен метод выбора пунктов наблюдений в условиях сложнорасчлененного рельефа местности и больших градиентов геомагнитного поля. Решен вопрос определения оптимальной сети геомагнитных пунктов наблюдений, с целью оценки текущей сейсмической опасности. Данные прецизионных измерений геомагнитного поля могут быть использованы также для тектонического районирования с целью определения ширины зон и направления простираения глубинных активных разломов.

#### **Положения выносимые на защиту.**

1. Между механическими и магнитными параметрами горных пород при высоких термодинамических условиях существует

тесная связь в широких диапазонах деформаций: от упругих до пластических с разрушением горных пород.

2. Геомагнитное поле влияет на образование внутренней структуры горных пород, что предопределяет анизотропию физических свойств, в результате разрушение пород происходит по определенным направлениям - по магнитной слоистости и направлению внешнего магнитного поля.

3. Комплекс проведенных экспериментов, включающий исследование зависимости магнитных свойств горных пород от упругих механических напряжений, изучение сейсмомагнитного эффекта во время взрывов, изучение тектономагнитного эффекта при заполнении водохранилища, а также обнаружение локальных аномалий тектономагнитной природы, показывает, что локальные изменения геомагнитного поля, продолжительностью до 1 года связаны с повышением сейсмической опасности региона.

4. Тектономагнитные предвестники землетрясений образуются одновременно по всей территории Армении в период времени, предшествующий периоду повышения сейсмической активности.

5. Предложенный новый параметр нормировки ( $N=M/R$ ) для учета воздействия тектонических, упругих напряжений на величину тектономагнитного эффекта ( $TЭ$ ) дает возможность однозначной интерпретации обнаруженных локальных аномалий геомагнитного поля.

6. Установленные зависимости величины тектономагнитного эффекта ( $\Delta T$ ) от магнитуды ( $M$ ), расстояния ( $R$ ) между зоной подготовки землетрясений и пунктом геомагнитных наблюдений и временем накопления и разгрузки тектонических напряжений ( $\Delta T$ ),

$$\Delta T = a \cdot \ln \frac{M}{R} + C$$

$$\Delta T = -a \cdot \ln R + C;$$

$$\Delta T = 0,334544 \cdot \Delta t + 1,49252$$

позволяют определить координаты зоны подготовки, магнитуду и время повышения сейсмической опасности.

7. Обнаруженные скачкообразные вариации в геомагнитном поле имеют тектономагнитную природу и являются динамическим тектономагнитным эффектом (ДТЭ) горных пород. ДТЭ может служить краткосрочным предвестником повышения текущей сейсмической опасности.

**Реализация работы.** Результаты работы использованы в Северном департаменте НССЗ РА при оперативной оценке текущей сейсмической активности с 1991г по 2003г.

**Исходный материал.** В работе использованы материалы площадных, профильных и стационарных наблюдений модуля полного вектора (Т) а также компонент (Z,Н,Д) геомагнитного поля на территории Армении за период 1969-2003гг.; данные лабораторных и натуральных экспериментов; сейсмические данные.

Окончательный результат работы базируется на использование данных измерений автономно работающих геомагнитных станций "Артик", "Бавра", Гюлагарак", "Ежегнадзор", "Джермук", и "Карчахпюр", Национальной Службы Сейсмической Защиты РА (НССЗ РА).

Для обработки первичного материала использованы программы "Мулан", "Seishelp" и "DF".

**Личный вклад автора.** Использованный материал и основные результаты являются научным продуктом более чем 30-летних исследований автора. Автору принадлежит постановка задач и методика их решения.

Он сконструировал и собрал установки, входящие в состав лабораторного комплекса для испытания образцов горных пород при высоких термодинамических условиях. Автором основаны пункты геомагнитных наблюдений, создан полигон исследований и проведены экспериментальные измерения модуля полного вектора индукции геомагнитного поля по профилям, пересекающим сейсмоактивные зоны, на полигоне водохранилища и на пунктах, испытывающих взрывные воздействия.

Автором проведен полный анализ лабораторных, натуральных и полевых исследований. Им установлены новые тектономагнитные эффекты и на их основании предложен новый геомагнитный метод для ОТСОП.

**Апробация.** Основные результаты исследований докладывались на:

- IX Конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма (Баку, 1973);
- Совещании рабочей группы магнитологов (Свердловск, 1974);
- X Съезде "Главное геомагнитное поле и проблемы палеомагнетизма" (Москва, 1976);
- Конференции молодых геофизиков (Москва, 1976);
- Совещании геофизиков Кавказского региона (Баку, 1978);
- Совещании геофизиков Кавказского региона (Сухуми, 1978);
- Ассамблее МАГА, (Канбера, 1979);
- Научно-технической конференции молодых геофизиков, (Ереван, 1980);
- Совещании рабочей группы "Магнитометрических исследований, комиссии по прогнозу землетрясений секции МСССС по Средней Азии и по Казахстану" (Андижан, 1981);
- XI Всесоюзном совещании по исследованиям физических свойств горных пород при высоких давлениях и температурах для

задач сейсмологии, (Ташкент, 1981);

-II Всесоюзном съезде: "Постоянное геомагнитное поле, магнетизма горных пород и палеомагнетизма" (Тбилиси, 1981);

-совещании рабочей группы "Тектономагнетизм и тектоно-электричество", (Ашхабад, 1982);

-Конференции молодых геофизиков Закавказья, (Ленинакан, 1983);

-Всесоюзном совещании: "Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах", (Ереван, 1985);

-Всесоюзной школе - семинаре: "Физические основы прогнозирования разрушения горных пород", (Ереван, 1985);

-IV Всесоюзном съезде по геомагнетизму, (Киев, 1986);

-Международной конференции, посвященной уменьшению сейсмической опасности в континентальной коллизионной зоне, (Ереван, 1993);

-29-ой Международной конференции по вопросам сейсмологии и глубинного строения Земли, (Салоники, 1997);

-II Международной конференции, посвященной уменьшению сейсмического риска и сейсмической опасности, (Ереван, 1998);

-Конференции, посвященной 35-ой годовщине основания Института геофизики и инженерной сейсмологии НАН, (Гюмри, 1996);

-Конференции, посвященной 90-летию со дня рождения основателя ИГИС НАН РА, академика А.Г. Назарова, (Гюмри, 1998);

-Конференции, посвященной памяти А.Г. Бабаджяна, (Гюмри, 1999).

-Международном симпозиуме: "Сейсмология, оценка опасности и вопросы, связанные с глубинным строением Земли", (Тегеран,

10-12 октябрь, 2000г.)

**Публикации.** Содержание диссертации опубликовано в одной монографии и 55 статьях.

**Структура и объем диссертации.** Работа выполнена в ИГИС НА РА и НССЗ РА. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения, изложенных на 356 страницах, содержит 157 рисунка, 39 таблиц и список использованной литературы, включающий 313 наименования.

Автор выражает искреннюю признательность за поддержку и консультации научному консультанту, создателю Национальной службы сейсмической защиты РА профессору С.Ю. Баласаняну, благодаря которому стало возможным организация разветвленной сети геофизико-сейсмологических наблюдений на территории Армении и предоставления автору благоприятных организационных условий для проведения научных исследований; директорам ИГИС НАНРА докторам наук С.В. Бадалян и С.М. Оганесяну начальнику СД НССЗ РА доктору ГМН С.Н. Назаретяну за большое содействие в проведении научных исследований, последовательную поддержку, советы и критические замечания; главному сейсмологу СД НССЗ РА Г.В. Саргсян за содействие в получении и применении сейсмологических данных.

Автор выражает свою благодарность М.Ю. Габриеляну за предоставления технических средств для оформления работы; особую признательность А.М. Мутдусян за добросовестный труд при обработке полученных данных, оформлении текстового материала, и личное участие в выполнении экспериментальных работ.

Основной первичный материал обработан с участием сотрудников НССЗ РА Северного департамента: Хачатрян К.К.,

Мурадян Ж.М., Мугдусян А.М., Григорян А.Х.

Площадные съемки вертикальной составляющей проведены под руководством Сируняна Т.А.

В полевых работах участвовали сотрудники: Шахназарян А.Д., Ахвердян Л.А., Григорян Р.А. Симонян А.О., Гаспарян В. С., Нагапетян В.В.

В разработке полевой и лабораторной аппаратуры участвовали Хачикян Г.В. и Геворкян А.С. В оформлении текстового материала определенный вклад внесли Минаян Дж.О. и Гарибян З.В. Всем вышеназванным сотрудникам автор приносит свою искреннюю благодарность.

### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1950

Во введении представлены обоснование и физические основы выполненных исследований. Вся работа основывается на явлении магнитоупругого эффекта в горных породах, который в натуральных условиях превращаясь в пьезомагнитный эффект, проявляется в виде тектономагнитных вариаций локальной временной аномалии в наблюдаемом геомагнитном поле. Обсуждается необходимость трех основных направлений исследования: лабораторное моделирование явления пьезомагнетизма, моделирование тектономагнитных явлений в натуральных условиях и обнаружение локальных временных аномалий геомагнитного поля тектономагнитной природы. Обсуждается также возможность использования импульсообразных изменений геомагнитного поля, как вероятного краткосрочного предвестника тектонических землетрясений.

## ГЛАВА 1.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕОМАГНИТНЫХ ПРЕДВЕСТНИКАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Первая глава посвящена обоснованию того положения, что сейсмотектонический процесс является деформационным процессом, в результате чего должны проявляться локальные изменения геомагнитного поля тектономагнитной природы. Перечисляются и обсуждаются основные модели подготовки очага тектонического землетрясения. В результате обсуждений выбраны модель упругой отдачи Рейда и модель И.П. Добровольского, на основе которых построены все представления и исследования явления тектономагнетизма. Обсуждается вопрос изменения естественной остаточной намагниченности горных пород в результате явления механострикции. Дается краткая характеристика исследований разных авторов (Е. Вильсон, С.П. Капица, А.Г. Калашников, Ю.П.Сковородкин, А.Н. Пушков, В.А. Шагино, Т. Киношита и др.), в которых установлена прямая связь между изменением остаточной намагниченности и изменением механических напряжений, а также существование необратимых и обратимых эффектов остаточной намагниченности, и релаксационного типа (Сковородкин Ю.П. и др.), изучены виды остаточной намагниченности и установлено, что ожидаемые изменения намагниченности зависят как от угла между  $H$  (магнитное поле) и  $P$  (давление), так и от вида и от величины остаточной намагниченности. В частности, исследования Ю.П. Сковородкина показали, что основной вклад в тектономагнитный эффект

вносят обратимые изменения намагниченности слоев горных пород, залегающих до глубин в несколько (до 5) километров, а с увеличением глубины основную роль начинают играть изменения индуктивной намагниченности. Это важный результат, который открывает большие перспективы для развития тектономагнетизма и он дает возможность предполагать, что тектономагнитные аномалии геомагнитного поля несут полезную информацию о напряженно-деформационном состоянии более глубоких толщ земной коры (не меньше 15км). Это достаточно, чтобы с помощью тектономагнитных вариаций контролировать напряженно-деформационное состояние земной коры территории Армении. Отметим, что гипоцентры землетрясений территории Армении, в основном, располагаются на глубине 5-20 км. Это открывает большие перспективы для развития тектономагнетизма в Армении, где нами довольно хорошо изучены пьезомагнитные коэффициенты более распространенных горных пород.

Рассматриваются результаты лабораторных экспериментов, экспериментов со взрывами в горных породах в естественном их залегании, исследований локальных аномалий при заполнении больших водоемов (натурное моделирование сейсмостектономагнитного эффекта), при исследованиях локальных аномалий в зонах глубинных разломов и при исследованиях электромагнитных излучений земной коры в сейсмоактивных зонах земной коры.

Приводятся данные о локальных изменениях геомагнитного поля, связанных с подготовкой очага тектонических землетрясений в разных сейсмогеологических условиях (работы Головкова В.П., Абдуллабекова К.Н., Сковородкина Ю.П. и др.).

Показано, что несмотря на накопленный большой материал по лабораторным исследованиям, пока еще не изучены некоторые стороны явления пьезомагнетизма, а также не изучена роль геомагнитного поля при образовании структуры горной породы, что весьма важно для понятия самого явления. Поэтому в главе показывается целесообразность изучения:

1) характера изменений остаточной намагниченности при изгибе массивных образцов горных пород, когда возможно в одинаковых условиях упругих напряжений одновременное возникновение пьезомагнитного эффекта;

2) изменение остаточной намагниченности при растягивающих упругих напряжениях;

3) распределение изменений остаточной намагниченности при заданной эпюре механических напряжений;

4) роль направления геомагнитного поля и остаточной намагниченности на направления трещины в горных породах. Результаты этих исследований должны были учитываться при выполнении наблюдений геомагнитного поля в натуральных условиях на базальтовых покровах земной коры территории Армении.

## ГЛАВА 2.

### ДИНАМИЧЕСКИЕ ГЕОМАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ ГОРНЫХ ПОРОД

Во второй главе представлены результаты оригинальных экспериментов по изучению магнитоупругого эффекта при сложных механических напряжениях. Были вычислены числовые характеристики - дисперсия и коэффициент корреляции измеряемых величин  $P$  и  $I_n$  (давление и остаточная намагниченность).

Эксперименты показали, что остаточная намагничённость изменяется прямо пропорционально давлению в пределах от  $10\text{кг/см}^2$  до  $1000\text{кг/см}^2$ . При этом коэффициент корреляции  $r = 0,86$ .

В ходе лабораторных экспериментов одновременно показана их необходимость, как решающего переходного этапа к натурным исследованиям. На основе экспериментов по растяжению и сжатию образцов определены пьезокоэффициенты горных пород исследуемых районов и экспериментально установлена величина ожидаемых изменений локального геомагнитного поля в сейсмогенных зонах территории Армении.

В связи с тем, что предыдущие эксперименты при переменных давлениях (Капица С.П., Калашников А.С., Сквородкин Ю.П., Чантуришвили Л.С., Авчян Г.М., Шапиро В.А., Нульман А.А. и др.) выполнены на образцах малых размеров (всего несколько см) и были зарегистрированы, в основном, интегральные эффекты, нами проведен эксперимент на массивных образцах четвертичных базальтов ( $15 \times 10 \times 60\text{см}$ ), который дал возможность получить распределение значений пьезомагнитного эффекта и сопоставить с распределением упругих напряжений. Проведенный эксперимент — изучение пьезомагнитного эффекта при сложных напряжениях (при изгибе) объясняет характер проявления тектономагнитного эффекта. Оказалось, что можно разделить зоны сжатий и растяжений на основе отличия знака пьезомагнитного эффекта.

Экспериментально показано влияние геомагнитного поля и остаточной намагничённости при осаждении частиц. Доказано, что при осаждении мелких частиц, геомагнитное поле играет роль ориентирующего поля, что обуславливает возникновение палеомагнитной слоистости при образовании породы, что

предопределяет ориентацию трещин в породах во время действий упругих напряжений. На основе этих представлений проведен следующий эксперимент - изучение направления трещин в зависимости от направления геомагнитного поля и остаточной намагниченности, который дал возможность сделать вывод о том, что разрушение пород происходит по двум направлениям: перпендикулярно направлению остаточной намагниченности и по направлению современного геомагнитного поля. Установлена следующая закономерность: если образец горной породы изотропен и магнитная слоистость слабо выражена, то разрушение происходит по направлению современного геомагнитного поля. Если магнитная слоистость выражена более четко, то разрушение идет по этим слоям.

Для проведения описанных экспериментов были сконструированы и собраны установки для изгиба балок горной породы, растягивающая установка, стенки для осаждения породообразующих частиц и комплекс измерительной аппаратуры лабораторных исследований пьезомагнитного эффекта.

В этой же главе представлены результаты по изучению сейсмотектономагнитного эффекта в натуральных условиях при быстрых и медленных накоплениях упругих напряжений в верхних слоях (до 1 км) земной коры.

Изложены результаты регистрации изменений локального геомагнитного поля при взрывах как разной, так и одинаковой интенсивности в породах с разными магнитными свойствами в их натурном залегании. Было проведено 275 наземных и подземных взрывов, с целью определения ожидаемых изменений поля и для оценки порога эффекта, то есть минимальных упругих напряжений,

обеспечивающих, при прочих равных условиях, изменения поля в горных породах, залегающих на территории районов исследований.

Сделана попытка в натуральных условиях экспериментально оценить ожидаемые изменения поля за счет изменений упругих напряжений в горных породах. Показано, что величина сейсмомагнитного эффекта зависит от ряда факторов (расстояния датчика магнитометра от зоны зарядки взрывного вещества, от значений и вида намагниченности горных пород, от ориентации датчика по отношению к направлению геомагнитного поля). Было констатировано, что существует прямая зависимость величины сейсмомагнитного эффекта от монолитности горных пород.

Как в предыдущих работах со взрывами (Сковородкин Ю.П., Шапиро В.А., Пушков А.Н., Акопян Ц.Г., Нагапетян В.В., Козлов А.Н. и др.) так и здесь изменение геомагнитного поля локального характера объясняется разрушением остаточной намагниченности горных пород и обратимыми изменениями остаточной и индуктивной намагниченности. Как показал анализ результатов, эксперименты со взрывами подтвердили существование сейсмомагнитного эффекта в горных породах изучаемых районов и возможность регистрации изменений геомагнитного поля. Однако возникает сомнение в природе источников некоторых локальных изменений поля, величина амплитуды которых гораздо превышает ожидаемые значения тектономагнитного эффекта. Подозрение увеличивается, когда в некоторых записях изменения поля отсутствуют релаксационные явления при возвращении поля к исходному. С этой точки зрения трудно гарантировать пьезомагнитную природу изменений поля после некоторых взрывов. В дальнейшем мы убедились, что мгновенные изменения геомагнитного поля, вероятно, возникают

при быстром процессе трещинообразования, когда возможно движение носителей электрических зарядов с определенным ускорением. Естественно, что при такой обстановке надо ожидать осцилляцию электромагнитных полей со стороны возникающих трещин-осцилляторов.

Зарегистрированные изменения геомагнитного поля при наших экспериментах в четвертичных базальтах достигли до 41нТл.

Приводятся также результаты моделирования тектономагнитного эффекта при заполнении водохранилища на реке Азат объемом 70млн.м<sup>3</sup>, с изменением уровня воды в 80 метров.

Результаты эксперимента показали существенную зависимость изменения геомагнитного поля локального характера (3-8 нТл) от объема воды в водохранилище. В основном, эта зависимость проявилась на пунктах, которые расположены в зонах распространения магнитных пород.

Рассчитана модель изменения напряжений. Результаты представлены в виде карт распределения напряжений по вертикали глубиной до 1км, и по горизонтали на глубине 0,1км. Сопоставление этих результатов с результатами изменений локального геомагнитного поля дает основу сказать, что между ними не всегда существует определенные сочетания. Это вполне понятно, так как изменения поля обусловлены многими факторами (значения остаточной намагниченности и магнитных пьезокоэффициентов, вида намагниченности горных пород разного возраста и т.д.).

Наряду с изучением локальных изменений геомагнитного поля изучалась наведенная сейсмичность района водохранилища с целью выявления изменений в пространственно - временном

распределении сейсмического фона. При сопоставлении режима накопления водохранилища, временного хода геомагнитного поля и количества землетрясений по месяцам четко выделяется корреляционная связь между характером наведенной сейсмичности и изменениями геомагнитного поля локального характера.

Однако, следует подчеркнуть, что в предыдущих аналогичных экспериментах на Чарвакском (Ташкентский полигон) и Толбингском (Австралия) водохранилищах изменения поля при увеличении нагрузки имели обратный знак по сравнению с нашими данными. Во время исследований на водохранилище Ингури ГЭС (Грузия) при заполнении наблюдаются и положительные и отрицательные изменения геомагнитного поля. Это может быть объяснено геологотектоническими особенностями районов исследований. Несмотря на то, что объем воды Чарвакского водохранилища в два раза больше объема водохранилища Азат, изменения поля на двух водохранилищах одинаковы по величине. Более того, совпадают две особенности — превышение исходного уровня поля после разгрузки водохранилища и существенное увеличение числа землетрясений. Минимум числа землетрясений, как и в случае водохранилища Чарвак, приходится на период максимального заполнения водохранилища. Изменения геомагнитного поля при заполнении водохранилища Толбинго, наблюдаемые Ф.Д.Стейси, показали возможность моделирования тектономагнитного эффекта и свидетельствовали о достоверности оценок величин пьезомагнитного эффекта, сделанных на основе лабораторных исследований.

Исследования изменения поля на водохранилищах Чарвак, Азат показали, что локальные аномальные изменения геомагнитного поля выходят за рамки простого моделирования. По этим результатам максимальные изменения геомагнитного поля смещены в сторону глубинного разлома, что совместно с сейсмическими данными позволяет фиксировать активизацию разлома. Однозначность вышесказанного подтверждается шестикратным повторением циклов измерений и зависимостью амплитуды изменений геомагнитного поля от уровня воды.

Измерение геоэлектрического потенциала при нагрузке и разгрузке показали, что максимальные вариации естественного электрического поля не превышают 5мВ/м, причем на пунктах, где не наблюдается локальное изменение геомагнитного поля. Таким образом, оказывается маловероятным возникновение локальных геомагнитных вариаций за счет электрокинетического эффекта.

Обнаруженные изменения геомагнитного поля носят тектономагнитную природу и указывают на реальную возможность регистрации изменений механических напряжений в магнитных горных породах методом прецизионной магнитометрии.

### **ГЛАВА 3.**

#### **ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОСТОЯННОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**

В третьей главе представлен материал рекогносцировочных наблюдений модуля полного вектора, горизонтальной, вертикальной составляющей и магнитного склонения на территории Армении.

Изучения пространственно-временной структуры геомагнитного поля проводились и на отдельных полигонах. Дано геологическое и тектоническое описание местоположения пунктов наблюдений, так как при изучении локальных аномалий геомагнитного поля немаловажную роль играют как подстилающиеся в районе пунктов наблюдений горные породы, так и тектонические нарушения, создавшие аномальные зоны электропроводности в земной коре и зоны изменений накопившихся тектонических напряжений.

Предполагалось существование двух типов аномалий. Первый должен отражаться только в изменениях геомагнитного поля в районах глубинных разломов без проявлений ощутимой сейсмической активности (тектономагнитный эффект). Второй, находясь в более сейсмоактивном районе, где проявлялись сильные землетрясения (предполагаемый очаг подготовки землетрясений) должен отличаться большой амплитудой, завершением землетрясения (сейсмомагнитный эффект). А также при выборе профилей мы основывались на первых представлениях изменчивости градиентного поля во время подготовки очага землетрясений. Предполагалось, что предвестниковые изменения геомагнитного поля должны проявляться в первую очередь, со значительными амплитудами градиента в районе подготовки землетрясений. В дальнейшем мы убедимся, что последний не всегда оправдывает себя.

Исходя из данных соображений и результатов полученных за период 1969-74 гг., выбраны два профиля. Изучение годовых вариаций геомагнитного поля в пунктах измерений за период 1973-82 гг. показало, что обнаруженные локальные аномалии не всегда являются достоверными. Часто

в пунктах, которые находятся в зонах неоднородной электропроводности и в полях с высокими градиентами во время измерений появлялись, так сказать, ложные аномалии, возникновение которых зависит от состояния активности суточных вариаций и изменение координат датчика в пространстве. Поэтому стало очевидной необходимостью создание стационарно действующих станций, которые могли бы обеспечить данные о вариациях поля для построения картин пространственно-временной структуры геомагнитного поля.

Полностью не решая вопрос природы аномальных изменений годового хода поля, полученные нами результаты были полезны для выбора пунктов дальнейших наблюдений, создав первые представления о пространственной структуре поля. Кроме этого, работы за период 1969-72 гг. дали возможность испробовать разные методики измерений и методы обработки данных. Прошли испытание магнитометры разных типов, в результате которых были определены основные технические и нормативные характеристики измерительных приборов, которые должны работать в условиях геофизического полигона исследований.

#### ГЛАВА 4.

### ИНДУКЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ НАБЛЮДАЕМОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ОСОБЕННОСТИ СОЛНЕЧНО - СУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЙ

Четвертая глава посвящена изучению тонкой структуры солнечно-суточных вариаций с целью обнаружения индукционных явлений и их фильтрации из наблюдаемых значений геомагнитного

поля и, в частности, из значений синхронных разностей двух и более пунктов наблюдений.

С этой целью разработана новая методика обработки данных исходных наблюдений. Показано, что применение методики фильтрации необходимо для отбраковки данных наблюдений и выделения локальных временных вариаций тектономагнитной природы. Одновременно предложен метод проверки наличия индукционной составляющей в значениях модуля полного вектора геомагнитного поля.

Нами было доказано, что искаженные данные градиентных измерений или флуктуации поля вариации являются следствием индукции ГМП в верхних слоях земной коры. Конечно, явления индукции давно доказаны. Но такая сильная неоднородность индукционного эффекта, когда его амплитуда достигает  $\sim 20$  нТл, для территории Армении была обнаружена впервые. Отметим, что ожидаемые оценки геомагнитных предвестников достигают нескольких десятков нТл. Поэтому возникла необходимость разработать новую методику обработки данных прямых геомагнитных наблюдений. Реализация последних дала нам возможность отфильтровать индукционные амплитуды, получить значения градиентов без искажений. С целью достижения этого пришлось изучать тонкие индукционные эффекты, возникающие при солнечно-суточных вариациях ГМП, которые в земной коре по закону индукции индуцируют, так называемые в литературе, земные или теллурические токи. Они на поверхности Земли проявляются в виде переменного геомагнитного поля. Поэтому, в измеренных значениях ГМП, совместно с другими полями разнородных источников магнитного поля, одновременно входит индуцированная часть. Так как суточные вариации в течение

суток претерпевают временные изменения, индуцированная часть поля, соответственно этому, по амплитуде и частоте носит переменный характер. При этом в земной коре возникают локальные аномальные (энергоактивные) зоны с быстро меняющимися комплексными параметрическими нелинейными физическими свойствами. На основании этого, образуются энергоактивные области, где, в частности, маскируются полезные предвестниковые изменения геомагнитного поля.

В результате изучения индукционной части суточной вариации внешнего переменного поля обнаружена закономерность суточной вариации индукционного поля, источники которых находятся в зонах глубинных разломов. С помощью локальных вариаций индукционного происхождения возможно выявить разломы Земной коры.

## ГЛАВА 5.

### ЛОКАЛЬНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ АНОМАЛИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КАК ПРЕДВЕСТНИКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

С целью выявления возможной связи между локальными аномалиями геомагнитного поля, полученными после обработки временных рядов по разработанной методике, и сейсмическим режимом решено провести сопоставления изменения геомагнитного поля с распределением сейсмических событий, (для того же интервала времени) включающим 1330 землетрясений. При этом точность определения значений  $T$  составляет  $\pm 1,5nTл$ , а землетрясения, представляющие сейсмический режим, включают сейсмические события с  $M \geq 2,5$  для территории Армении (уровень представительности Национального каталога НССЗ Армении).

С помощью методики фильтрации выделены локальные временные аномалии геомагнитного поля (ГМП), которые образуются одновременно по всей территории региона, в определенный период времени, соответствующий периоду контрактного цикла сейсмической активности.

При исследовании локальных временных аномалий тектономагнитной природы (тектономагнитного эффекта) определена зависимость величины амплитуды эффекта от сейсмических параметров. Выявлен квазисинусоидальный колебательный процесс на фоне общерегионального тренда значений модуля полного вектора ГМП, коррелирующий с активизацией сейсмических событий. Доказано, что источник колебательного процесса находится в земной коре. Это явление назовем тектономагнитными временными волнами. С обнаружением последних, стало возможным показать, что особенности динамики ежесуточных средних значений ГМП (тектономагнитная вариация) находятся в определенной корреляционной связи с сейсмическим режимом региона. В основном, при  $R < 100 \text{ км}$ , наблюдается обратная, а при  $R > 100 \text{ км}$ , прямая корреляционная связь.

При прямой корреляции решающую роль в формировании геомагнитного предвестника играет региональная сила, воздействия которой приводит к росту тектонических упругих напряжений. При обратной корреляции решающую роль при образовании локальных аномалий, играет доминирующая сила, воздействия которой приведет к разрушению остаточной намагниченности горных пород, что выражается спадом значений ТЭ.

Доказано, что после завершения каждого цикла сейсмической активности значения локального геомагнитного поля возвращаются к исходному уровню. Исходя из этого предполагается, что

упругие тектонические напряжения снимаются и деформационный процесс стремится к минимуму. Такой процесс, в основном, наблюдается во время завершения близких землетрясений, когда в очаговой зоне полностью идет разрядка действующих напряжений. Но после каждого землетрясения не всегда локальное поле возвращается к исходному уровню. Это означает, что не завершается полная разрядка упругих напряжений, то есть остаточная деформация всегда существует, и одновременно действуют в земной коре упругие напряжения. Получается, что после завершения каждого цикла сейсмической активности в значениях локального поля идет медленный рост. Это наблюдается из года в год и кривые изменений локального поля трендообразно растут. Трендовый рост в локальном поле происходит также из-за роста значений регионального поля, причиной чего является вековой ход ГМП. Обычно, первый всегда складывается в вековом ходе и в окончательном результате мы получаем волнообразный процесс с трендовым ростом ГМП. Геомагнитное поле растет неравномерно. В отдельных интервалах времени наблюдается резкое повышение скорости роста поля, после чего он прекращается, и иногда идет спад значений. После этого обязательно следует сейсмическое событие. Магнитуда предстоящего землетрясения прямопропорциональна скорости роста геомагнитного поля. Процесс рост-спад геомагнитного поля имеет нестабильный период, от трех месяцев до двух лет, соответственно которому происходят землетрясения с магнитудой 3-7. При этом сеймотектономагнитный эффект составляет 10-21 нТл.

С целью однозначной интерпретации тектономагнитного эффекта (временной локальной аномалии) предложен новый

параметр для нормирования воздействия тектонических упругих напряжений в пунктах геомагнитных измерений;

$$N=M/R$$

Эмпирическим путем получено математическое выражение зависимости величины амплитуды тектономагнитного эффекта, или геомагнитного предвестника от предложенного параметра;

$$\Delta T = a \cdot \ln \frac{M}{R} + C$$

Таким путем получены математические выражения зависимостей тектономагнитного эффекта от расстояния между эпицентром, пунктом геомагнитных наблюдений и периодом образования предвестника;

$$\Delta T = -a \cdot \ln R + C \text{ и } \Delta T = 0,33454 \cdot \Delta t + 1,49252;$$

где  $a$  и  $C$  постоянные коэффициенты,  $R$ —расстояния, а  $\Delta t$ —период образования предвестника.

С помощью полученных зависимостей, удалось выявить параметры предшествующих землетрясений.

На основе теории тектономагнетизма и полученных нами данных локальных аномалий тектономагнитной природы, или геомагнитных предвестников, можно сказать, что процесс зарядки тектонических напряжений в зоне коллизии происходит в региональном масштабе, а разрядка происходит по отдельным локальным масштабам.

Обнаружен новый тип вариаций в ГМП. Она выражается импульсообразными изменениями геомагнитного поля, достигающими до 900 нТл. Импульсообразные изменения, как закономерность, появляются перед сейсмическими событиями. Большая амплитуда повышает достоверность предвестника землетрясений. Детально изучены локальные особенности импульсов. Результаты экспериментальных исследований

доказали, что источники импульсов имеют коровое происхождение, и, вероятно, их возникновение связано с процессом трещинообразования, или сухого трения в консолидационной среде. Величины их амплитуд зависят как от магнитуды, так и от расстояния очагов землетрясений.

Обобщая результаты, можно утвердить, что на уровне измерения ежесуточных средних значений геомагнитного поля по всем наблюдательным пунктам установлено следующее:

1. Между динамическими изменениями ежесуточных средних значений геомагнитного поля и сейсмическим режимом региона существует прямая ко - сейсмическая связь.

2. Местные землетрясения с  $4.5 \geq M \geq 2.5$  на расстоянии  $R \leq 100$  км выделяются на кривых ежесуточных средних значений геомагнитного поля в виде выраженных ко-сейсмических локальных минимумов.

3. Дальние землетрясение с  $M \geq 6$  отражены в ежесуточных средних значениях геомагнитного поля в виде пре-, ко-, пост-сейсмических локальных аномалий, нарушающих прямую корреляцию с сейсмическим режимом региона.

Интерпретация этих данных проводится из физических представлений, суть которых заключается в том, что на каждую точку пространства сейсмоактивной зоны действуют две силы - региональные и локальные силы упругих напряжений в зоне подготовки разрыва земной коры, т.е. землетрясения. Исходя из этого, на характер динамики любого измеряемого параметра, влияет доминирующая сила. Доминирующей силой, в зависимости от позиции пунктов наблюдений по отношению к зоне подготовки землетрясения, а также магнитуды землетрясения, могут быть региональная сила, локальная сила, а также их алгебраическая

сумма (учитывая возможность разнонаправленности региональной и локальной сил).

На основе этих представлений полученные данные можно объяснить следующим образом:

1. Прямая ко-сейсмическая связь между  $T(t)$  и  $M$  (режим) объясняется доминантой региональных сил сжатия, которые, возрастая (убывая), приводят к увеличению (уменьшению) сейсмических событий с  $M \geq 2.5$ , а также к увеличению (уменьшению)  $T$  (тектономагнитный эффект).

2. Ко-сейсмические локальные минимумы  $T(t)$ , сопровождающие местные землетрясения, объясняются доминирующим действием локальных сил растяжения (тектономагнитный эффект).

3. Пре-сейсмический максимум  $T(t)$  в период подготовки Ардебильского землетрясения с  $M=6.7$  на расстоянии 470 км от пункта наблюдения объясняется действием региональной силы и накоплением общерегиональных тектонических напряжений.

С помощью обнаруженных временных, локальных аномалий постоянного геомагнитного поля определяются магнитуда и вероятный район ожидаемых сейсмических событий, одновременно закономерность развития и момент завершения отдельного цикла сейсмической активности. На практике выходными результатами обнаруженных зависимостей являются: вычисленные магнитуды, координаты и время возникновения землетрясений.

## ГЛАВА 6

### ТЕКТОНОМАГНИТНАЯ МОДЕЛЬ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

В шестой главе, на основе взаимных связей тектономагнитного эффекта (ТЭ) и сейсмических параметров очага землетрясений построена физическая модель развития тектономагнитного эффекта. Выделены отдельные этапы развития

и объяснены физические процессы, протекающие при образовании очага, что дало возможность выявить источники геомагнитных явлений и разделить ТЭ на три основные части: пре-; ко-; и пост-сейсмические эффекты, а также объяснить динамические тектономагнитные явления (ДТЭ), исходя из тектонической модели очага землетрясения (Добровольский И.П.).

Данная модель позволила, с учетом геологических и геофизических условий, построить карту распределений геомагнитных предвестников, реально вычислить ожидаемые ТЭ перед землетрясением и оценить накопившиеся тектонические напряжения в очаговой зоне и в пункте геомагнитных наблюдений. По динамике тектономагнитных вариаций оценивается текущая сейсмическая опасность на территории Армении.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

С целью решения проблемы, - оценки текущей сейсмической опасности на основе изучения динамики геомагнитного поля, исследована природа динамики локальных временных аномалий и импульсообразных вариаций тектономагнитной природы. Поставленная задача решена на основе комплексного изучения влияния геомагнитного поля на формирование структуры горных пород, пьезомагнитного эффекта и сеймотектономагнитных явлений.

Установлено, что упругомеханические характеристики горных пород тесно связаны с магнитными свойствами. Изучение механических и магнитных параметров при высоких давлениях подтвердило эту связь в широких диапазонах деформации - от упругих до пластических, с разрушением горных пород. В результате экспериментов обнаружены характерные обратимые и необратимые изменения магнитных параметров при изменении давления. По изменению магнитных параметров можно судить о упругодеформационном состоянии горных пород. Это позволяет по

динамике локальных аномалий тектономагнитной природы обнаружить изменения тектонических напряжений.

Разработана методика измерения модуля полного вектора индукции геомагнитного поля в условиях сложнорасчлененного рельефа местности и больших градиентов поля, а также методика достоверного выделения динамики локальных временных аномалий тектономагнитной природы.

Доказано, что на фоне общерегионального трендового роста (15 нТл/год) векового хода наблюдаются квазисинусоидальные колебания постоянного геомагнитного поля, значения амплитуд которых составляют от нескольких единиц до 30 нТл, а период колебаний - от 5 до 32 дней. Они отражают динамику локальных временных вариаций тектономагнитной природы (тектономагнитные временные волны). Их периоды и амплитуды коррелируются с периодами и амплитудами отдельных циклов сейсмической активности, что дает возможность следить за развитием сейсмических событий.

Предложен и использован параметр нормирования воздействия тектонических упругих напряжений в пунктах геомагнитных измерений, который дает возможность интерпретации корреляционной связи между изменениями амплитуды локального геомагнитного поля и текущей сейсмической опасности. Однозначная интерпретация динамики локального поля способствовала определению функциональных зависимостей динамических геомагнитных параметров от сейсмических, позволяет определить количество необходимых геомагнитных станций и расстояние между ними. Это весьма важно для дальнейшего развития действующей сети геомагнитных наблюдений.

Выявлено динамическое тектономагнитное явление электромагнитного происхождения и показана его связь с сейсмической активностью. Доказан его предвестниковый характер.

Построена тектономагнитная модель очага, которая, на основе теории тектономагнетизма, объясняет физические процессы, происходящие в консолидационной среде до, во время и после землетрясений. Модель дала возможность подтвердить правильность оценки величин тектономагнитных вариаций, а также позволила вычислить величины тектонических напряжений. На этой основе построена тектономагнитная карта территории Армении, по которой определяются не только зоны распределения значений ТЭ (геомагнитных предвестников), но и динамика ТЭ, позволяющая оценить динамику тектонических напряжений во времени и пространстве.

Полученные результаты, достаточно убедительно показывают решение поставленных в работе задач. Установленные функциональные зависимости амплитуд тектономагнитной вариации от сейсмических параметров позволяют оценивать текущую сейсмическую опасность. Полученные таким образом оценки многократно подтверждены текущими сейсмическими событиями на территории Армении. Достаточное количество (более 160 за два года) геомагнитных предвестников повышает достоверность корреляционной связи между динамическими параметрами геомагнитного поля и сейсмическими параметрами.

В работе были отмечены те трудности, с которыми приходилось сталкиваться. Полученные результаты исследований нашли свое удовлетворительное объяснение в рамках концепции метода оценки текущей сейсмической опасности на основе динамики геомагнитного поля.

Исследования для оценки текущей сейсмической опасности требуют дальнейшего продолжения.

Проблема предсказания (предвидения) разрушительных землетрясений весьма важна. Поэтому необходимость продолжения исследований динамических эффектов в геофизических полях и, в частности, динамики тектономагнитных вариаций имеет несомненно большую перспективу. Предложенный метод оценки сейсмической

опасности рекомендуется для применения в различных физико-геологических условиях как один из основных и достоверных методов оценки текущей сейсмической опасности.

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Изучение годового хода составляющих геомагнитного поля в районе обсерватории "Гарни". Материалы IX конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма Баку, 1973г. часть 1., ст.7-8. Соавторы Акопян Ц. Г., Варданян А.А.
2. Об одной аномалии векового хода на региональном профиле Гярд-Кафан. Тезисы докладов съезда "Главное геомагнитное поле и проблемы геомагнетизма". М.:, 1976, часть 1., ст.10. Соавторы Акопян Ц. Г., Ахвердян Л. А.
3. Аномальное изменение магнитного поля на полигоне водохранилища "Гарни". Тезисы докладов съезда "Главное геомагнитное поле и проблемы палеомагнетизма" М.:, 1976г часть 1., ст.13. Соавторы Акопян Ц.Г., Шахназарян А. Д.
4. Экспериментальная оценка величины намагниченности горных пород под действием упругих напряжений. Тезисы докладов съезда "Главное геомагнитное поле и проблемы палеомагнетизма" М.:, 1976г часть 1., ст.108. Соавторы Пушкин А., Шахназарян А.Д.
5. К вопросу о выборе пунктов изучения векового хода. Материалы республиканской конференции молодых геофизиков. Ленинакан 1977г., ст.41-42. Соавторы Бадалян С.М., Титов С.
6. Аномальный ход геомагнитного поля на профиле с. Гарни - оз. Севан. Материалы республиканской конференции молодых геофизиков Ленинакан 1977, ст.43-44.

7. О связи изменения намагниченности горных пород от давления и изменение локального магнитного поля в районе Гарни Арм. ССР. Сб. "Физические свойства горных пород при высоких термодинамических параметрах", Баку 1978, ст.253. Соавторы Акопян Ц.Г., Нагапетян В. В.
8. О временных изменениях геомагнитного поля и сейсмичности на территории водохранилища "Азат" при заполнении его водой. Изв.АН Арм.ССР Науки о Земле, 1979, т XXXII, 5, ст. 72-79. Соавторы Пушкин А.Н., Баграмян А.Х., Гедакян Э.Г.
9. Исследование магнитных свойств образцов горных пород Гарнийского геодинамического полигона под давлением. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции молодых геофизиков, посвященной 60-летию установления Советской власти в Армении Ленинакан, май, 1980, ст.193-196. Соавтор Нагапетян В.В.
10. Установка для исследования магнитных свойств образцов горных пород при одноосном растягивающем напряжении и при изгибе. "Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции молодых геофизиков". Ереван.1980, ст. 12-15. Соавтор Нагапетян В.В.
11. Исследование магнитных свойств образцов горных пород Гарнийского геодинамического полигона под давлением. "Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции молодых геофизиков". Ереван. 1980., ст. 24-26. Соавтор Нагапетян В.В.
12. Распределение остаточной намагниченности в магнито-неоднородных образцах пород при изгибе. Сб. "Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах для задач сейсмологии " Ташкент, 1981, ст. 33-35. Соавтор Нагапетян В.В.

13. Локальные изменения геомагнитного поля при заполнении водохранилища на реке Азат и их интерпретация. Геомагнетизм и аэрономия, 1981. № 1, ст. 78-84. Соавторы Пушков А. Н., Саргсян Г.В.
14. Локальные изменения геомагнитного поля на профилях "Гарни" и на территории водохранилища "Азат". Сб: "II Всесоюзный съезд Постоянное геомагнитное поле магнетизм горных пород и палеомагнетизм". Тбилиси, 1981, ст. 90-91.
15. Изучение намагниченности образцов горных пород под действием одноосносжимающего, однооснорастягивающего напряжений и при изгибе. Сб. II Всесоюзный съезд Постоянное геомагнитное поле, магнетизм горных пород и палеомагнетизм: Тбилиси, 1981 часть 1, ст.20-21. Соавтор Нагапетян В.В.
16. Пространственно-временная структура геомагнитного поля по профилю с.Гегард - оз.Севан. Изв.АН Арм ССР Науки о Земле. 1983.т.XXXVI. 4., ст.67-72. Соавтор Симонян А.О.
17. О вековом ходе геомагнитного поля на территории Арм ССР. Тезисы докладов научно - технической конференции молодых геофизиков Закавказья. Ленинакан 1983., ст.103-104. Соавтор Симонян А.О.
18. Магнитоупругий эффект при изгибе базальтовых балок. Изв.АН Арм ССР Науки о земле, XXXVII, 5, 61-66, 1984. Соавторы Хачикян Г. В., Симонян А.О., Шахменендян К.
19. О возможности выделения вторичных эффектов при оценке тектономагнитного эффекта. Изв.АН Арм ССР, Науки о Земле, XXXVII, 6, 79-82, 1984. Соавтор Симонян А. О.
20. Релаксация магнитоупругого эффекта в четвертичных базальтах Гегамского хребта. Тезисы докладов VIII Всесоюзного совещания: Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. Ереван, 1985., ст.24-25. Соавтор Симонян А. О.

21. О связи направления магнитного поля со скоростью продольных упругих волн в дискообразных базальтах. Тезисы докладов XII Всесоюзного совещания. "Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах", Ереван, 1985., ст.85. Соавторы Маркосян Г.Г., Тоноян Т.В.
22. Методика фильтрации полезного сигнала тектономагнитных явлений. Тезисы докладов III-го Всесоюзного съезда по геомагнетизму", Киев, 1986., ст.85-86. Соавтор Симонян А.О.
23. К возможности использования данных повторных измерений ГМП для отбраковки пунктов, искаженных аномальными временными вариациями. Изв. АН Арм ССР, "Науки о Земле", т. XXXIX, 1, 1986, ст. 65-69. Соавтор Симонян А.О.
24. Экспериментальная оценка сейсмомагнитного эффекта при взрывах. Изв. АН Арм ССР, "Науки о Земле", т. XXXIX, 5, 1986., ст. 78-80. Соавторы Нагапетян В., Симонян А. О.
25. Об абсолютных измерениях геомагнитного поля геомагнитометрами РМР-2А. Изв. АН Арм ССР, "Науки о Земле", т. XXXIX, 6, 1986., ст. 68-70. Соавтор Хачикян Г. В.
26. Влияние палеомагнитной слоистости и лабораторного магнитного поля на разрушение пород. Уч.записки, ЕГУ, 3, 1988., ст.132-138. Соавторы Авчян Г.М., Маркосян Г.В., Маркосян Г.Г.
27. Влияние палеомагнитной слоистости и лабораторного магнитного поля на разрушение пород. Всесоюзная школа-семинар: "Физические основы прогнозирования разрушения горных пород", Ереван, 1986., ст.115-116. Соавторы Авчян Г.М., Маркосян Г.Г.
28. Исследование изменения локального геомагнитного поля на территории Армении. Сб: "Поиск геофизических предвестников землетрясений на Кавказе". "Мецниереба" Тбилиси, 1987, ст.140-146. Соавтор Нагапетян В. В.
29. Аномалия солнечносуточных вариаций магнитного поля на Гегамском полигоне. Изв. АН Арм ССР "Науки о Земле", т. XI, 1988 г., ст. 66-68. Соавторы Гаспарян В., Симонян А. О., Топчян Х. Д.

30. Роль магнитного поля при осаждении частиц. ДАН Арм ССР, т. XXXVII, N2, 1988, ст. 79-84. Соавторы Авчян Г.М., Маркосян Г.Г.
31. Об изучении геомагнитных предвестников землетрясений. Изв.АН Арм ССР, Науки о Земле. 1988, ст. 26-29. Соавторы Симонян А.О., Акопян Г., Гаспарян В.
32. Локальные аномалии геомагнитного поля, как возможные предвестники землетрясений. Изв.АН Арм ССР Ереван, 1990, ст.210.
33. Изучение тектономагнитного эффекта на территории Армянской ССР. Тезисы докладов IV Всесоюзного съезда по геомагнетизму, часть II с.21-22. Соавторы Симонян А.О., Гаспарян В. 1990г.
34. Հայաստանի տարածքում երկրամագնիսական դաշտի դարավոր տատանումները 1975-1986 թ.թ. ընթացքում: Գիտություններ Երկրի մասին, XLV, 1992թ., № 3. էջ 53-65. Соавторы Ա.Հ.Սիմոնյան, Դ.Ս.Չիկովանի:
35. Investigations of the Geomagnetic Field Variations disturbances in connection With the crust tectonic structure and its dynamics. International Conference on continental collision zone earthquakes and earthquake harard reduction. Erevan, Armenia, October 1-6, 1993., p.70. Соавтор O.Simonian (IGIS, Giumri, Armenia)
36. Երկրամագնիսական դաշտի չափման կետերի ընտրության մասին տեկտոնոմագնիսական էֆեկտի որոնման դեպքում: Գիտություններ Երկրի մասին, XLV, 1992, № 4, էջ 70-75.
37. Geomagnetic Earthquake Precurrors and Regularities of Their Appearance on the Territory of Armenia. The 29th General Assemblı of the International Association of Seismology and Physies of the Earth's Interior. Thessaloniki, Greece, 1997, p. 1458. Соавторы S.L.Yeremian, A.R.Hovhannissian, H.A.Hovhannissian.

38. Earthquake Prediction Research in Armenia. The 29 th General Assembly of the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior. Thessaloniki, Greece, 1997, p. 1815. Соавторы S. Balassanian and anoter.
39. Методика выделения истинных значений пространственного градиента и индукционного поля при синхронных измерениях ՀՀ ԳԱԱ ԵԻՍԻ հիմնադրման 35-րդ տարեկիցին նվիրված հոբելյանական գիտական նստաշրջան. (8-11 հոկտեմբեր 1996) ք. Գյումրի. Ձեկույցների դրույթներ: ՀՀ ԳԱԱ Հրատարակչություն, Գյումրի, 1996 ք. էջ 27. Соавтор Оганесян Г.А.
40. Методика выделения индукционных явлений геомагнитного поля в земной коре. Известия Национальной Академии Наук Республики Армения, Науки о Земле т.л 1997. № 3, ст. 64-67. Соавторы Оганесян Г.А, Геворгян А.Б.
41. Импульсное геомагнитное поле, как возможный краткопериодный предвестник землетрясений. Գիտական աշխատանքների ժողովածու, 1998թ. ք. Գյումրի, ՀՀ ԳԱԱ Հրատարակչություն, էջ 288-293:
42. Предвестники землетрясений в изменениях геомагнитного поля. Գիտական աշխատանքների ժողովածու, 1998 ք. ք. Գյումրի, ՀՀ ԳԱԱ Հրատարակչություն, էջ 293-299: Соавторы Оганесян А.Р., Еремян С.Л., Оганесян Г. А.
43. Impulse geomagnetic field anomalies of the territory of Armenia as possible shortterm precursors. The second international conference earthquake harard and seismic risk reduction, Yerevan, 1998, p. 158-159. Соавтор A.Sahakian.
44. Возможность оценки времени и энергетического класса землетрясений по предшествующим локальным изменениям геомагнитного поля. "Вестник" Международной Академии Наук Экологии и Безопасности Жизнедеятельности, 1999г. № 7(19) Санкт-Петербург, ст.22-25. Соавторы Саргсян Г.В. и другие.

45. Геомангнитный предвестник землетрясей. ՀՀ ԳԱԱ ԵՒՄԻ հիմնադրման 35-րդ տարեիցին նվիրված հոբելյանական գիտական նստաշրջան, Ձեկույցների դրույթներ, Գյումրի 1996թ. ՀՀ ԳԱԱ Հրատարակչություն, էջ 56: Соавторы Григорян А. Г. и другие.
46. Зависимость интенсивности локальной временной аномалии геомагнитного поля от энергетического класса, эпицентрального расстояния землетрясений. ՀՀ ԳԱԱ ֆիզ.-մաթ. և տեխ. գիտությունների բաժանմունք, ՀՀ ԳԱԱ սկ. Ա. Նազարովի անվան ԵՒՄԻ Երկրահանրաբանական գիտ. քեկնածու Հ. Գ. Բարաջանյանի հիշատակին նվիրված նստաշրջանի գիտական աշխատությունների ժողովածու 12-14 հոկտեմբեր. 1999 թ. Գյումրի: ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» Հրատարակչություն Գյումրի 1999, էջ 207-212: Соавторы Саргсян Г.В. и другие.
47. Количественная оценка величины аномалий геомагнитного поля, предшествующая тектоническим землетрясениям. ՀՀ ԳԱԱ ֆիզ.-մաթ. և տեխ. գիտությունների բաժանմունք, ՀՀ ԳԱԱ սկ. Ա. Նազարովի անվան ԵՒՄԻ Երկրահանրաբանական գիտ. քեկնածու Հ. Գ. Բարաջանյանի հիշատակին նվիրված նստաշրջանի գիտական աշխատությունների ժողովածու 12-14 հոկտեմբեր. 1999 թ. Գյումրի: ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» Հրատարակչություն Գյումրի 1999 էջ 213-219: Соавторы Саргсян Г.В. и другие.
48. Time anomalies of constant geomagnetic field precursors of tectonic earthquakes. Abstracts third meeting of Asian seismological commission 8 Symposium on seismology, earthquake hazard assessment and earths interior Related topics October 10-12, 2000 Tehran, p.4-5. Соавторы Сирунян Т.А.
49. The geomagnetic field and the palotectonic of the Caucasus in mesosoy. Abstracts third meeting of Asian seismological commission 8 Symposium on seismology, earthquake hazard assessment and earths interior Related topics October 10-12, 2000 Tehran, p.12-13. Соавтор Сирунян Т.А.

50. О связи величин амплитуд аномалий геомагнитного поля с сейсмическими событиями Тавро-Кавказского региона. "Вестник" Международной Академии Наук Экологии и Безопасности Жизнедеятельности. N5 (17) 1999г, Санкт-Петербург, ст. 13-15. Соавторы Саргсян Г.В., Гарибян З.В., Гаспарян В. Р.
51. Палеотектоническая реконструкция Кавказа в мезокайнозое. Сборник научных трудов. Изд-во "Гитутюн" НАН РА, Гюмри 2002г., ст. 126-133. Соавтор Сирунян Т. А.
52. Аномалия векового хода геомагнитного поля на территории Армении. Сборник научных трудов. Изд-во "Гитутюн" НАН РА, Гюмри 2002г., ст. 103-106. Соавтор Мугдусян А.М.
53. The paleomagnetic-stratigraphic scale of the caucasus meso-цеинозойские deposits. Symposium on Seismology, Earthquake Hazard Assesment and Risk Management 24-26 nowember 2002 Kathmandu, Nepal Volume of Abstracts, p-32. Соавтор Сирунян Т.А.
54. Tectonomagnetic model for the source of the earthquakes. Symposium on Seismology, Earthquake Hazard Assesment and Risk Management 24-26 nowember 2002 Kathmandu, Nepal Volume of Abstracts, p-140. Соавторы Баласанян С.Ю. Сирунян Т.А.
55. Tectonomagnetic Submissions of the Physics on the Earthquak's Source and Evolution of the Magnitude of Tectonic Strains. 4<sup>th</sup> International Conference on Seismology and Earthquake Engineering SEE 4. May 12-14, 2003 Tehran, Islamic Republic of Iran, p. 14.

## ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Ընթացիկ սեյսմիկ վտանգի գնահատումը, որպես գերխնդրի լուծման նպատակով ուսումնասիրվել են երկրամագնիսական լոկալ անոմալիաների դինամիկան և այդ դաշտի թռիչքածև փոփոխությունները կապված դիտարկվող տարածաշրջանի սեյսմիկ ակտիվության հետ: Դրա համար ֆիզիկական հիմք է ծառայել տեկտոնոմագնիսականության տեսությունը, համաձայն որի երկրակեղևում կուտակվող առածոական լարումները փոխելով ապարների մնացորդային մագնիսականությունը Երկրի մակերևույթին ստեղծում են դիտվող լոկալ, ժամանակավոր անոմալիաներ: Այդ տեսությունը Հայաստանի երկրաբանական պայմանների համար գործնականում կիրառելու համար ուսումնասիրվել և գնահատվել են տարածքի ապարների պլեզոհատկությունները և նրանց կապը ապարների տեսակի ու ծագման մախապատմության հետ: Ուսումնասիրությունները կատարվել են հատուկ այդ նպատակի համար ստեղծված լաբորատորիայում, որոնք ցույց են տվել, որ ապարների մագնիսական պարամետրերը, մինչև  $1000\text{ ԿԳ/սմ}^2$  և  $300^\circ\text{C}$  թերմոդինամիկական պայմաններում, ունեն գծային կախվածություն ճնշումից և ջերմաստիճանից: Հայտնաբերված է նաև, որ ապարներում ճեղքագոյացման գլխավոր ուղղությունները կախված են արտաքին մագնիսական դաշտի և ապարի մնացորդային մագնիսականության ուղղություններից, որը բացատրվում է ապարների կազմավորման ժամանակ նրանց կառուցվածքներում, արտաքին մագնիսական դաշտի ազդեցության տակ մագնիսական շերտերի կազմավորումով:

Նշված փորձերի արդյունքները հաստատեցին այն ենթադրությունը, որ ապարների մագնիսական հատկությունները սերտորեն կապված են նրանց մեխանիկական հատկությունների հետ դեֆորմացիաների լայն տիրույթում՝ առածոականից մինչև պլաստիկ և ընդիուպ մինչև խզվելը: Մա տալիս է հնարավորություն ենթադրելու, որ երկրաշարժերի օջախների կազմավորման ժամանակ էպիկենտրոնային գոտում պետք է ծնվեն լոկալ, ժամանակավոր անոմալիաներ, մինչև գլխավոր հարվածը: Նշված տիպի անոմալիաներ

հայտնաբերվեցին պրոֆիլային չափումների ժամանակ: Սակայն դրանցից շատերը ուղղակի կապ չունենին որևէ սեյսմիկ իրադարձության հետ:

Լոկալ, ժամանակավոր անոմալիաների միանշան մեկնաբանման նպատակով լուծվեցին հետևյալ գլխավոր խնդիրները՝.

1. Լաբորատոր պայմաններում զանգվածային ապարների վրա (60սմx10սմx 7սմ), առածգական բազմաձև լարումների պայմաններում մոդելացվել է այեզոմագնիսական երևույթը: Հայտնաբերվել է, որ մագնիսականության մեծության և ուղղության անհամասեռ բաշխվածության դեպքում գրանցվող այեզոերևույթը ակտիվանում է: Զգման, սեղմման և չեզոք գոտիները արտահայտվում են ապարի այեզոմագնիսական փոփոխությունների մեջ:
2. Ապարների այեզոմագնիսականությունը մոդելացվել է նրանց բնական տեղադրված վիճակում ջրամբարի լցման ժամանակ և պայթեցումների միջոցով: Առաջինի դեպքում Երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի փոփոխությունը մինչև 80ԿԳ/սմ<sup>2</sup> ջրի սյան ճնշման արժեքի համար հասնում է մինչև 8մՏլ-ի, իսկ երկրորդի ժամանակ մինչև 40մՏլ-ի: Ջրամբարի մոդելացման ժամանակ դաշտի փոփոխությունը բացատրվում է տեկտոնոմագնիսական երևույթով, իսկ պայթեցումների ժամանակ այեզոփոփոխությունը գուգորդվում է էլեկտրոմագնիսական բռնկումների հետ:
3. Ուսումնասիրվել է Հայաստանի տարածքի մագնիսական դաշտի տարածաժամանակային առանձնահատկությունները: Հայտնաբերվել է, որ Հայաստանի երկրաբանական պայմաններում արտաքին փոփոխական (արևաօրային) դաշտով պայմանավորված մակաձված երկրորդային դաշտը կարող է հասնել մինչև 20մՏլ մեծության, որը բնական խանգարում է հանդիսանում տեկտոնոմագնիսական ուսումնասիրությունների ժամանակ: Մշակվել է չափումների և տվյալների մշակման մեթոդ, որը տեկտոնոմագնիսական փոփոխություններից զտում է մակաձված դաշտերի ազդեցությունը:
4. Ուսումնասիրվել է Երկրի մագնիսական դաշտի դարային քայլը, որը ներկա ժամանակահատվածում կազմում է 15 մՏլ/տարի: Այդ փոփոխությունը հաշվի է

առնված երկրաշարժերի օջախների կազմավորման երկարաժամկետ մագնիսական նախանշանները անջատելու ժամանակ:

5. Դարային քայլի ընդհանուր տարածաշրջանային փոփոխության մեջ հայտնաբերվել են քվազիսինոտիդյալ փոփոխություններ, որոնց տատանման տարբերությունները կազմում են 5-ից 32 օր, իսկ ամպլիտուդները հասնում են մինչև 30նՏլ-ի: Ապացուցված է նրանց տեկտոնոմագնիսական բնույթը: Այդ տատանումները մեր կողմից անվանվել են ժամանակային տեկտոնոմագնիսական ալիքներ:

6. Երկրաշարժերի մագնիսական նախանշանների միանշանակ մեկնաբանման տվյալ նախանշանը տվյալ երկրաշարժերին վերագրելու նպատակով մտցվել է նոր չափաբերման գործակից, որը ցույց է տալիս կոնկրետ օջախի

ազդեցության չափը կոնկրետ մագնիսաչափական կետում՝  $n = \frac{M}{R}$  որտեղ M-մագնիստուն է օջախում, իսկ R-ը նրանից մինչև մագնիսաչափական կայանը եղած հեռավորությունը:

7. Ստացված են միանշանակ կապեր՝ սեյսմիկ և մագնիսաչափական պարամետրերի միջև: Դրանք մաթեմատիկորեն արտահայտվում են.

$$1. \Delta T = -a \ln R + C$$

$$2. \Delta T = a \cdot \ln \frac{M}{R} + C$$

$$3. \Delta T = 0,334544 \cdot \Delta t + 1,49252$$

բանաձևերով, որոնց մեջ  $\Delta T$  -ն գրանցված անոմալիայի ամպլիտուդն է, a-ն և C-ն հաստատուն գործակիցներ են տվյալ մագնիսաչափական կայանի համար, n-ը չափաբերող գործակիցն է,  $\Delta t$  -ն գրանցված անոմալիայի պերիոդը, արտահայտված օրերով:

8. Հայտնաբերված սեյսմիկ և մագնիսաչափական պարամետրերի կապի միջոցով վերջին երեք տարիների ընթացքում նախօրոք նշահատումների միջոցով պարզվել են բազմաթիվ կազմավորվող օջախների տեղը և սպասվող ուժգնությունը: Ժամանակը որոշվում է անոմալիայի ամպլիտուդի և պարբերության միջև եղած կապով:

9. Երկրի մագնիսական դաշտում հայտնաբերվել են բռնկումային երևույթներ (լիմպոլսներ), որոնք նախարդում են երկրաշարժերի օջախների կազմավորմանը և գուգորդում սեյսմիկ գործընթացին: Նրանց պարբերությունները չեն գերազանցում 6 վրկ-ը, իսկ ամալիտոդները հասնում են մինչև 900 մՏլ-ի: Այդ հատկությունների շնորհիվ բռնկումները հանդիսանում են լավագույն օպերատիվ նախանշաններ, որոնք հուսալի են վաղ ահագանգման համակարգերի ստեղծման համար: Երևույթը մեր կողմից անվանվել է երկրաշարժերի օջախների կազմավորման դինամիկ տեկտոնոմագնիսական էֆեկտ:

10. Իմի բերելով վերջին 50 տարիների ընթացքում Հայաստանում կուտակված հնեամագնիսական տվյալները և գուգորդելով ժամանակակից ստացված արդյունքների հետ կառուցվել է Հայաստանի տարածքի օջախների տեկտոնոմագնիսական մոդելը, որը բացատրում է մագնիսական նախանշանների զարգացման հիմնական փուլերը, հիմնավորում է մինչ այժմ գրանցված ավելի քան 160 նախանշանների մեծությունները:

Մոդելը հնարավորություն տվեց ստանալու Հայաստանի տարածքի տեկտոնոմագնիսական քարտեզը, որը հանդիսանում է գլխավոր ուղեցույցը տեկտոնոմագնիսական ուսումնասիրությունների համար: Քարտեզի պատկերի դինամիկան արտահայտում է տարածաշրջանային (ռեգիոնալ) և լոկալ տեկտոնական լարումների փոփոխության վարքը:

Այսպիսով ամփոփված նյութը համոզիչ կերպով ցույց է տալիս, որ ընթացիկ սեյսմիկ վտանգի գնահատման գերխնդրի լուծումը հիմնականում ավարտված է և ներկայացված աշխատանքը դրվելու է Հայաստանի Հանրապետության տարածքում ազգաբնակչության սեյսմիկ պաշտպանության խնդիրները գործնականորեն լուծելու հիմքում:

1950