

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ ՍԵՐԳԵՅ ՎԼԱԴԻՄԻՐԻ

**ԵՐԵՎԱՆՅԱՆ ԽԶՎԱԾՔԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՍԵՅՍՄԱՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ
ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ**

ԻԴ.01.08- «Երկրաֆիզիկա, օգտակար հանածոների որոնման երկրաֆիզիկական
մեթոդներ» մասնագիտությամբ երկրաբանական
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության
ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան – 2018

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

БАЛАСАНЯН СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ
ЕРЕВАНСКОГО РАЗЛОМА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата геологических наук
по специальности 24.01.08 «Геофизика, геофизические методы поиска полезных
ископаемых»

Ереван – 2018

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների
ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝ Ե.-հ. գ. դ., Կարախանյան Ա.Ս.

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ Ե.-հ. գ. դ., Ավագյան Ա.Վ., ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ

Ե.-հ. գ. դ., Հովհաննիսյան Ս.Ռ., ՀՀ «ՄՊՀԾ» ՊՈԱԿ

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Նազարովի անվան Երկրաֆիզիկայի և
ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2018 թ. հունիսի 21-ին, ժամը 12:00, ՀՀ ԳԱԱ
Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում գործող թ. 054 «Երկրաբանություն»
Մասնագիտական խորհրդում:

Հասցեն՝ 0019, Մարշալ Բաղրամյան պող., 24ա:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 19.05.2018թ.

Թիվ 054 մասնագիտական խորհրդի գիտքարտուղար,
Երկր.-հանք. գիտ. թեկնածու



Շախինյան Հ.Վ.

Тема диссертации утверждена в Институте геологических наук НАН РА

Научный руководитель: доктор геол.-мин наук Караханян А.С.

Официальные оппоненты: доктор геол.-мин наук Авагян А.В., ИГН НАН РА
доктор геол.-мин наук Оганесян С.Р., ГНТО"СССЗ"
РА

Ведущая организация: Институт геофизики и инженерной сейсмологии им.
А. Назарова НАН РА

Защита диссертации состоится 21-ого июня 2018г., в 12:00, на заседании Специализированного
совета 054 "Геология" при Институте геологических наук НАН РА.

Адресс: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГН НАН РА.

Автореферат разослан 19.05.2018г.

Ученый секретарь Специализированного совета 054,
кандидат геол.-мин. наук



Шагинян Г. В.

Введение

Оценка сейсмической опасности территории Армении является одной из приоритетных задач устойчивого развития РА. При этом особое значение уделяется изучению сеймотектонического потенциала Приереванской зоны – наиболее густонаселенного и промышленно развитого региона республики.

В сеймотектонических моделях, используемых для оценки сейсмической опасности центральной части территории РА (включая столицу – г. Ереван), немаловажное значение имеет Ереванский глубинный разлом, изучение которого выявило ряд проблем, требующих доизучения и детального реанализа всех имеющихся геолого-геофизических материалов.

Актуальность работы:

- Столица РА г.Ереван и ряд других густонаселенных городов находятся в непосредственной близости от исследуемого разлома.
- Серьезную геозкологическую опасность от последствий сильного землетрясения в исследуемой зоне представляют собой действующие в Ереване и его окрестностях водохранилища и гидростанции, различные химические производства, а также Армянская АЭС.
- Ереванский разлом плохо или вовсе не выражен на поверхности. Предполагаемая территория его трассирования перекрыта мощным чехлом молодых отложений. Местоположение и геометрические параметры данной структуры исследователями трактуются по-разному.
- Исследования исторических и инструментальных землетрясений позволят уточнить количественную оценку сеймотектонического потенциала в Приереванской сейсмоактивной зоне.

Цель работы и решаемые задачи:

Основной целью диссертационной работы является изучение и оценка современной сеймотектонической активности Ереванского разлома по комплексу геолого-геофизических и сейсмологических данных. Основные решаемые задачи данного исследования:

- Обзор и реанализ имеющихся геолого-геофизических материалов с целью уточнения местоположения и геометрических параметров зоны активного Ереванского разлома.
- Получение новых данных и реанализ сильных исторических землетрясений на северо-западном фланге Ереванского разлома.
- Получение новых данных и реанализ сильных исторических Двинских землетрясений на юго-восточном фланге Ереванского разлома.
- Изучение сейсмического режима и сейсмодинамических особенностей в зоне Ереванского разлома по данным инструментального периода наблюдений (1937-2017гг.).

Защищаемые положения:

- Реанализ всех имеющихся данных позволяет утверждать, что северо-западный сегмент Ереванского разлома сейсмически малоактивен.
- Высокий сейсмический потенциал юго-восточного фланга Ереванского разлома должен быть пересмотрен в сторону понижения.
- Анализ данных наиболее сильных инструментальных землетрясений ($M \geq 3,7$) в пределах сеймотектонической зоны Ереванского разлома позволил выделить 2 подзоны:

центральную Паракар-Ереванскую и юго-восточную Арташат-Вединскую. При этом реализация относительно сильных землетрясений в Паракар-Ереванской подзоне приурочена к площади северной ветви Ереванского разлома, а в Арташат-Вединской подзоне – к площади южной ветви.

- Пространственное расположение эпицентров наиболее сильных событий за весь период исследований (до 2017г.) позволяет утверждать, что их реализация приурочена к осевой зоне Ереванского разлома.
- Анализ пространственно-временных характеристик сейсмического режима позволяет утверждать, что образовался дефицит энергии, который может быть восполнен как одним сейсмическим событием с $M_{\max}=4,5$, так и рядом средних и слабых землетрясений с той же суммарной энергией, что более вероятно и характерно для сейсмодинамики зоны Ереванского разлома.

Научная новизна исследования:

- Для уточнения сейсмического потенциала северо-западного фланга Ереванского глубинного разлома были критически пересмотрены имеющиеся данные об Аручком 972г. и Октемберянском 1916г. землетрясениях. Полученные результаты позволили сделать следующее заключение: учитывая изменение географических координат эпицентра землетрясения 28.10.1916 г., а также большую вероятность того, что землетрясение 972г. является “ложным” событием, можно утверждать, что северо-западный сегмент Ереванского разлома сейсмически малоактивен.
- Проведенное дополнительное макросейсмическое обследование развалин храма Звартноц, позволило зафиксировать следы воздействия очень сильного пожара на базах и капителях колонн из вулканического туфа, который мог стать причиной разрушения храма. Длительное термическое воздействие имело высокую температуру (700-800°), что вызвало образование на базах колонн зоны термической закалки глубиной до 6 см и пузырение расплавленного туфа. Разрушение храма Звартноц не связано с сейсмическим воздействием, а скорее является следствием сильного пожара.
- Анализ данных наиболее сильных инструментальных землетрясений ($M \geq 3,7$) в пределах сейсмотектонической зоны Ереванского разлома позволил выделить 2 подзоны. Несмотря на кажущуюся территориальную отдаленность и разобщенность центральной Паракар-Ереванской и юго-восточной Арташат-Вединской подзон нельзя отрицать наличие определенной генетической взаимосвязи между ними, выявленной в хронологической последовательности землетрясений.
- На основе новой выборки, основанной на совмещении параметрических (Н.К. Карапетян) и макросейсмических (Е.И. Бюс) данных по землетрясению 07.01.1937г., проведен анализ пространственного распределения и хронологического хода сейсмичности афтершокового процесса.

Методы исследования:

При проведении работ применялись как полевые, так и камеральные методы исследования. Для полевых работ использовалось традиционное макросейсмическое обследование. Методика камеральных работ основана на проведении тщательного сбора и критического анализа летописных и опубликованных источников для землетрясений исторического периода и

выявлении особенностей пространственно-временных связей основных параметров землетрясений инструментального периода наблюдений. Использовались современные компьютерные программы (ArcGIS, Global Mapper, Adobe Photoshop, CorelDRAW) с целью создания цифровой базы данных и её последующего анализа.

Практическая новизна исследования:

- Полученные результаты позволят уточнить значение сеймотектонического потенциала в Приереванской сейсмоактивной зоне, что скажется на вероятностной оценке сейсмической опасности центральной части территории РА.
- Полученные результаты могут быть учтены при составлении новой редакции карты сейсмического районирования территории РА.

Апробация работы:

- На Международной научно-практической конференции: “Интеграция науки и практики в современных условиях”. 21.10.2017г., София (Болгария).
- На III Международной научной конференции молодых ученых: “Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства”, 01-04.11.2017г., Гюмри-Цахкадзор, (Республика Армения).
- На научном семинаре ИГН НАН РА. 22.12.2017г., Ереван, (Республика Армения).

По теме диссертационной работы опубликованы 6 статей в рецензируемых научных журналах.

Структура и объем диссертационного исследования:

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, насчитывающего 136 наименований. Работа изложена на 150-и страницах, содержит 82 рисунка.

Благодарности:

Диссертационная работа была осуществлена в Институте геологических наук НАН РА, под руководством док. геол. наук А.С. Караханяна. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю за постоянное внимание и важную корректировку работ в процессе исследований, за правильную мотивацию, ценные советы и замечания. За поддержку и помощь при проведении полевых работ, анализе результатов и оформлении диссертационного исследования выражаю большую признательность сотрудникам ИГН и НИК “Геориск”: Саргсян Л.С., Авагян А.В., Багдасарян А.Р., Аракелян С.Р., Бабалян Г.Е., Игитян А.А., Геворкян М.Р., Абгарян Е.Ж., Саакян Э.Э. Автор благодарен Х.В. Макаряню за помощь в составлении GIS базы данных для её дальнейшего анализа. Особую благодарность выражаю директору ИГН Х.Б. Меликсетяну и ученому секретарю института Г.В. Шагиняну за поддержку и понимание, проявленную ими на различных этапах выполнения диссертационной работы.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ЕРЕВАНСКОМУ РАЗЛОМУ

1.1. Обзор геолого-геофизических материалов по Ереванскому разлому (до 1995г.).

Основой информации по общему геодинамическому состоянию Ереванского разлома, а также характеристикам тех его геологических особенностей, которые могут иметь воздействие на

сейсмическую опасность Приереванского региона, в первую очередь служат исследовательские работы А.Т. Асланяна (1955,1958), А.А. Габриеляна (1959,1981), К.Н. Паффенгольца (1946,1959), С.К. Арзуманяна (1964), Е.Е. Милановского (1962,1968), Г.П. Симоняна (1969,1976), А.Р. Арутюняна (1975) и др. При этом следует отметить, что основной метод тектонического анализа в то время базировался на исследовании сравнительной истории регионального геологического развития с привлечением буровых и геофизических данных.

Впервые сведения о Ереванском глубинном разломе представил А.Т. Асланян в 1955 г., который выделил в данной зоне ряд крупных, хорошо картируемых разрывных нарушений, протягивающихся вдоль трассы: устье р. Дигор (нижнее течение р. Ахурян) → с. Кармрашен → с. Агавнатун → с. Паракар → с. Тазагох (южнее гор. Ереван) → с. Двин → с. Даргалу → с. Веди → с. Арпа → с. Джагры → гор. Джульфа.

В работах А.А. Габриеляна и др. зона разлома в центральной части Араратской котловины выражена парными разломами, ограничивающими Паракар-Енгиджинское погребенное горстовое поднятие. С северо-востока оно ограничено Ереванским глубинным разломом, а с юго-запада – Эчмиадзинским разломом.

В отличие от других исследователей Е.Е. Милановский выделяет только центральную часть Ереванского разлома, называя ее Паракар-Енгиджинским поднятием. Автор пишет, что Енгиджинское погребенное поднятие является узким горстом ЗСЗ простирания на границе Ереванской и Араратской впадин, вытянутой по линии Енгиджа-Паракар-Эчмиадзин.

На основе анализа материалов геофизических исследований А.Р. Арутюнян, выделяет Айнтап-Мараликское валообразное погребенное поднятие шириной 4–8км, которое, в свою очередь, состоит из ряда разобщенных погребенных поднятий: Мараликского, Талинского, Ахавнатунского и Паракар-Норабацкого.

Если сопоставить геометрии Ереванского разлома по разным авторам, то только рисовка его центрального сегмента (Паракар-Норабацкое поднятие) не вызывает разногласий (рис. 1).

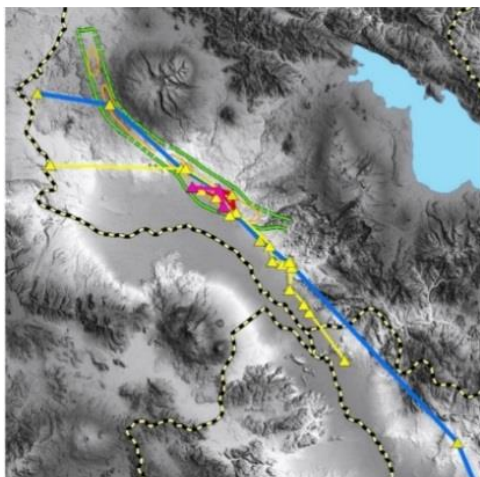


Рис.1. Геометрия Ереванского разлома согласно различным авторам: синяя линия – А.Т. Асланян (1955, 1958); желтая линия – А.А. Габриелян (1958, 1981); зеленая линия – А.Р. Арутюнян и др. (1976); розовая линия – Е.Е. Милановский (1968).

1.2. Обзор геолого-геофизических материалов по Ереванскому разлому (после 1995г.).

На 2-ом этапе (после 1995г.) новые материалы исследований и степень изученности Ереванского разлома определяются тематикой и количеством проектов-заказов МАГАТЭ, связанных с безопасностью ААЭС. Следует отметить, что в последних проектах (2008-2011гг.) особое внимание было уделено Ереванскому разлому.

Полученные результаты свидетельствуют, что на участке от города Эчмиадзин до села Нор Харберд, как по данным буровых скважин, так и по данным карт гравитационных аномалий выделяется поднятие кристаллического фундамента, представляющее собой линейную зону (длиной около 18 км и шириной 4-4.5км), совпадающую с Паракар-Норабацским сегментом Ереванского разлома, который ранее уже интерпретировался как поднятие фундамента.

Далее к востоку от села Нор Харберд амплитуда поднятия резко уменьшается. Хотя прямых признаков тектонической активности на поверхности вдоль всей зоны Ереванского поднятия не обнаружено, нельзя исключить, что ограничивающие поднятие разломы могут иметь характер слепых разломов, а их активность может не иметь прямых отображений на поверхности. При этом следует учитывать и тот факт, что координаты эпицентров землетрясений 863г. и 893г. картируются у села Верин Двин. Таким образом, общая длина поднятия, учитывая его слабо выраженную восточную часть до села Верин Двин, составляет 30км. К востоку от села Верин Двин преобладают надвиги, имеющие поперечное к Ереванскому разлому простирание запад-восток. Каких-либо проявлений тектонической активности вдоль надвигов не имеется. На возможном западном продолжении Ереванского разлома, по результатам полевых геолого-геофизических и вулканологических исследований не было обнаружено никаких признаков разломов, процессов тектонических деформаций рельефа после 0,68Ма.

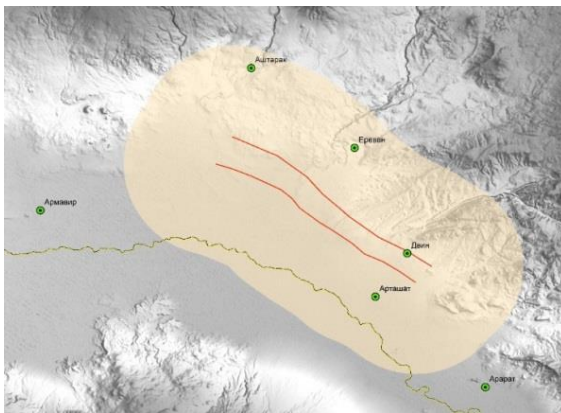


Рис.2. Зона Ереванского разлома в сейсмотектонической модели НорАтом 2011. (графическая рисовка в ГИС-формате).

Таким образом, по имеющимся данным нет достаточных геологических признаков выделения Восточного и Западного продолжений Ереванского разлома.

На основании всех проведенных геолого-геофизических работ исследовательской группой А.С. Караханяна (2003-2011гг.), для района Армянской АЭС была составлена сейсмотектоническая модель НорАтом 2011, в которой также учтена и откартирована зона Ереванского разлома (рис.2).

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИСТОРИЧЕСКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

2.1. Методика анализа базы данных по исторической сейсмичности.

Основная информация о древних землетрясениях содержится в повествовательных исторических источниках: летописи, хроники, периодическая печать. При тщательном анализе письменных источников в древних рукописях и исторических хрониках можно найти много как прямых, так и косвенных сведений, свидетельствующих о реальном происхождении исторических землетрясений.

Первые армянские рукописи (манускрипты) датируются серединой V века и доминируют до середины XIV века. Лишь потом появились первые печатные армянские книги, которые только к XIX веку окончательно вытеснили рукописную книгу. Древнеармянская историография занимала приоритетное положение в Средневековье (V – XVIII века). В это время жили и творили около 100 историков-хронистов – Агатангехос, Мовсес Хоренаци, Егише, Мхитар Айриванеци, Аракел Даврижеци и др. При таком обилии исторического материала, при проведении первичной обработки макросейсмических данных, полученных из рукописей и исторических хроник, особое внимание следует обратить на расхождение оценок в различных источниках, а также на возможность разного рода ошибок. Для территории Армении определение параметров исторических землетрясений производилось в большинстве случаев на основе сведений из ранних компилятивных макросейсмических каталогов. Естественно, что в процессе составления компиляций могли быть допущены искажения или сокращения исходных текстов, а также ошибки в датах, времени и месте проявления землетрясения. Исправить эти ошибки можно только с помощью повторного поиска и анализа первичных сообщений о сейсмических событиях.

Результаты поиска, изучения и анализа первоисточников могут быть дополнены материалами полевых макросейсмических обследований в плейстоценовых зонах изучаемых исторических землетрясений.

2.2. Методика проведения полевых макросейсмических обследований.

При полевых макросейсмических обследованиях в эпицентральных зонах воздействия сильных исторических землетрясений прежде всего проверяется реальность и точность оценки основных параметров этих сейсмических событий, представленных в существующих каталогах. В большинстве случаев комплексный анализ информации исторических источников и результатов полевых макросейсмических исследований обычно позволяют точно локализовать на поверхности плейстоценовую область наибольших разрушений. Кроме того, особое внимание уделяется поиску геологических проявлений активной тектоники (сейсмодислокации, камнепады, оползни, просадки и разжижение грунтов и т.д.).

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ ЕРЕВАНСКОГО РАЗЛОМА

3.1. Общие сведения о базовых каталогах исторических землетрясений территории РА.

В сжатом виде информация о сейсмических событиях бывает представлена в макросейсмических и параметрических каталогах землетрясений.

Для территории РА вопросы надежности каталогов землетрясений весьма актуальны, поскольку используемый для анализа базовый исторический материал требует существенной доработки и корректировки:

а) с одной стороны, территория РА это высокосейсмичная территория ($M_{\max} \approx 7,5$; $J_0 = 9-10$ баллов), со сравнительно продолжительным датированным историческим периодом времени (около 2400 лет);

б) с другой стороны, территория РА характеризуется недостаточной сейсмостатистической базой по сильным как инструментальным, так и историческим землетрясениям ($M \geq 6,0$), что создает определенные трудности при анализе параметров сейсмического режима (в частности, построении графика повторяемости сильных событий) и в конечном итоге – оценке сейсмической опасности.

3.2. Реанализ сильных землетрясений северо-западного фланга Ереванского разлома.

Для уточнения сеймотектонического потенциала зоны Ереванского разлома, в первую очередь надо доисследовать материалы по исторической сейсмичности: Аручского землетрясения 972г., приуроченного к СЗ флангу зоны Ереванского разлома и Двинских землетрясений 863г. и 893г. на ЮВ фланге зоны.

Впервые об Аручском землетрясении 972г. упомянул С.А. Пирузян, который сделал датировку и локализацию эпицентра на основании следующей аргументации:

1) в селе Аруч через западный фасад церкви Св. Григора и примыкающую к нему северную стену проходит зияющая трещина, возникшая в результате землетрясения; этим же землетрясением вырван купол кафедральной церкви монастыря Аруч. В кладке восстановленной части северной стены кафедрального собора обнаружен хачкар с надписью “Я, Горем, восстановил святой Католик в 973 году”.

2) в соседнем поселении Талин разрушены большая часть южной и западной стен, а также купол кафедрального собора Талинского монастыря, на одной из сохранившихся колонн которой, с южной стороны, обнаружена старая надпись, датированная 970г.

3) это землетрясение, происшедшее в интервале 970-973гг. (972г.) разрушило церковь в селе Даштадем, а также храм Звартноц.

В результате архивных изысканий были получены новые исторические данные, а также старые фотографии всех 4-х стен Аручаванка до реконструкции XX-го века (1946-1948 гг.). Во время дополнительных макросейсмических обследований плейстоценовой зоны, проведенных в 2017г. нами была сделана ретроспективная серия фотографий, которые, на наш взгляд, дают достаточно подробное представление о сегодняшнем состоянии Аручаванка. Анализ полученных данных позволяет привести ряд контраргументов, свидетельствующих о недостаточной обоснованности представленной С.А. Пирузяном версии.

1. Удивительным является тот факт, что в летописях и других исторических источниках конца X века нет никаких сведений о сильном землетрясении в районе таких известных и крупных поселений как Аруч и Талин, учитывая то, что Аруч располагался на большой торговой дороге, в VII веке здесь была резиденция правителя Армении Григора Мамиконяна, а Талин был центром армянского княжества Камсараканов, которыми в VII веке были построены Большой Талинский храм и Малая трехапсидная церковь. Что касается села Даштадем, располагающемся всего в 5км от Талина, в котором находятся три церкви VI-VII веков (св.

Христофора, св. Саркиса, св. Григора), то разрушения этих церквей Пирузяном практически не анализируются.

2. Во время полевых макросейсмических работ, при обследовании отреставрированного в XX веке (1946-48гг.) Аручаванка выяснилось, что камни использованные Горемом, намного меньше по размеру, чем изначальный строительный материал VII века. Этими камнями отремонтирована только часть северной стены. Исходя из этого трудно предположить, что мастер Горем с гордостью вмуровал хачкар с сообщением об окончании реставрационных работ, не восстановив купол, барабан, а также сильно пострадавший западный фасад. Из этого можно сделать вывод, что только верхние участки северной стены были повреждены к 973 году. По мнению А.С. Караханяна, основная причина этих повреждений – процесс переувлажнения и эрозии верхнего участка северной стены по обе стороны от фронтона церкви из-за стекающей с кровли дождевой воды. В 2017 году нами были сделаны дополнительные макросейсмические обследования, при которых выяснилось что процесс переувлажнения верхнего участка северной стены продолжает действовать и сегодня.

3. По версии С. Пирузяна получается, что Аручаванк находился в полуразрушенном состоянии вплоть до XX века. Однако, многочисленные настенные надписи в соборе Св. Григория, датируемые 987, 1281, 1285 и 1336 гг. свидетельствуют о том, что в течении всего этого времени церковь оставалась центром религиозной, образовательной и общественной жизни региона. Кроме того, одна из надписей, датируемая XV веком, информирует о восстановительных работах, проведенных под руководством вардапета Хачатура. В XX веке (1946-1948 гг.) была проведена частичная реставрация, в ходе которой удалось воссоздать первоначальный облик кафедрального собора, за исключением барабана и купола.

На наш взгляд, Аручаванк действительно неоднократно реставрировался, о чем свидетельствует визуальный анализ различных туфовых блоков, имеющих в современной кладке стен кафедрального собора (рис.3).

4. Интересные данные были выявлены при изучении материалов Государственного архива истории Армении. Одна запись свидетельствует, что в 1831г. Аручаванк был в сохранности (фонд 90, опись 1, дело 96, 1831г.), а другая запись, датируемая 1870г. фиксирует значительные разрушения церкви. Таким образом, землетрясение, разрушившее собор Св. Григория в Аруче произошло во временном интервале 1831 - 1870гг., но никак не в 972г. Анализ региональных каталогов сильных землетрясений указывает, что этим сейсмическим событием является Араратское землетрясение 04.07.1840г. (M=7,4; I=9-10баллов).



Рис.3. Укрупненный фрагмент участка северной стены с хачкаром мастера Горема.

Очевидец этого катастрофического землетрясения Абел Мхитарян пишет: «...южная и западная стены кафедрального собора в Талине разрушены до восточной двери от землетрясения 1840г.». Описываемые А. Мхитаряном разрушения кафедрального собора в Талине зафиксированы на старой фотографии (рис.4).



Рис.4. Руины кафедрального собора в Талине.

Именно эти разрушения С.А. Пирузян относит к Аручскому землетрясению 972г. в качестве одного из своих главных аргументов: «...в соседнем поселении Талин разрушены большая часть южной и западной стен, а также купол кафедрального собора Талинского монастыря.».

По материалам Государственного архива истории Армении разрушения церквей в Даштадеме также привязываются к сейсмическому событию 04.07.1840г. Полевые макросейсмические обследования стен и оборонительных башен Даштадемской крепости (XII век) позволили зафиксировать отчетливые следы разрушения от сильного сейсмического события. Крепостные стены – это фортификационные сооружения, выполняющие важную роль при оборонительных действиях во время войны. Поэтому трудно себе представить, что Багратиды в ущерб безопасности юго-восточных границ Анийского царства не восстановили крепостные стены Даштадема после их разрушения от землетрясения 972г.

Анализ возможных причин разрушения храма Звартноц выявил три основные версии.

1. Храм Звартноц разрушился из-за ошибок архитектора при инженерных расчетах конструкции храма, который подразумевает два сценария разрушения: “медленный” – когда разрушение конструкции храма может растянуться на десятки, а возможно и сотни лет, и “быстрый” – одновременное разрушение конструкции храма в результате внешнего воздействия (например, землетрясения, взрыва).

Данная версия кажется нам неправдоподобной, поскольку нет единого мнения среди архитекторов, изучивших храм Звартноц. В частности, С. Мнацакян, Л. Шахсуварян и др. являются сторонниками разрушения храма вследствие конструктивных ошибок. Другие архитекторы – Т. Тораманян, Г. Саркисян, Т. Марутян – отрицали наличие серьезных изъянов в конструкции храма.

2. Храм Звартноц разрушился при воздействии сильного землетрясения. Предполагается 2 возможных механизма разрушения от землетрясения: Первым механизмом является непосредственное воздействие сильного землетрясения. Второй механизм - сочетание сильного сейсмического воздействия на неправильно спроектированные конструкции храма.

Вторая версия опровергается исследованиями С. Назаретяна и др. В частности, ими сделана оценка сейсмостойкости по обеим основным моделям (С. Мнацакян 1971, Т.

Тораманян 1942) реконструкции храма Звартноц. При этом указывается, что реальная причина разрушения храма неизвестна. Были определены расчетные сейсмические нагрузки на уровне трех ярусов храма и их соотношение с несущей способностью стен. В результате, даже при наличии определенных архитектурных и конструктивных недостатков, храм Звартноц мог разрушиться только при достаточно сильном землетрясении – при $A=0,3-0,4g$ (8-9 баллов по MSK-64).

3. Храм Звартноц разрушился вследствие военных нашествий арабских завоевателей.

Макросейсмическое обследование развалин храма Звартноц, проведенное нами, позволило зафиксировать следы воздействия очень сильного пожара на базах и капителях колонн из вулканического туфа (рис.5,6).

Приведенные выше наблюдения позволяют выдвинуть следующую версию искусственного разрушения храма Звартноц людьми. Разрушение даже нескольких баз колонн из-за сильного пожара могло привести к падению самих колонн, что вызвало дестабилизацию несущих конструкций храма и его полное разрушение.



Рис. 5. а) зоны термической закалки на базах колон; б) пузырение расплавленного туфа.



Рис.6. Следы сильного огня: а) на капители одной из восстановленных колонн; б) капитель с изображением почерневшего от копоти пожара орла.

Что касается Октемберянского землетрясения 28.10.1916 года, то найденные в архивах периодической печати сообщения в виде заметок из журнала «Арарат» и газеты «Ашхатанк» за 1916г., а также повторный анализ материалов из текстового каталога Е.И. Бюса свидетельствуют о том, что есть населенные пункты с более сильным макросейсмическим эффектом (6-7 баллов), чем в Октемберяне (Армавир-Каракала).

Таким образом, полученные результаты позволяют констатировать тот факт, что, учитывая изменение географических координат эпицентра землетрясения, произошедшего 28 октября 1916 года, а также большую вероятность того, что землетрясение 972 года является "ложным" событием, и соответственно, разрушение храма Звартноц не связано с сейсмическим воздействием, можно предположить что северо-западный сегмент Ереванского разлома не проявляет активность в исторический период времени.

3.3. Реанализ сильных землетрясений юго-восточного фланга Ереванского разлома.

Суммарный сеймотектонический потенциал ($M_{\max} \geq 6,5$) Ереванского глубинного разлома был в первую очередь обусловлен высокой сейсмической активностью его юго-восточного сегмента во второй половине IX века. Основная задача данной части исследования заключалась в критической переоценке имеющихся материалов и обобщении новых данных по Двинским землетрясениям (863г. и 893г.).

В вопросе определения эпицентров обоих Двинских землетрясений очень много противоречий и неясностей. За местоположение эпицентров приняты географические координаты города Двин – единственного населенного пункта, о разрушении которого упоминается в исторических летописях. Это выглядит весьма странно, поскольку описания характера разрушений, а также гибель десятков тысяч людей в самом Двине свидетельствует о высокой интенсивности произошедших землетрясений. Оценка интенсивности для землетрясения 893г. в различных каталогах колеблется от 8 до 10 баллов.

Однако, представляется весьма странным отсутствие какой-либо информации о разрушениях в близлежащих населенных пунктах. По материалам проф. Р. Хьюсена, в середине и конце IX века вблизи Двина существовало много крупных населенных пунктов, важных административных, культурных и церковных центров.

Расположенная на расстоянии 13,5 км к югу от Двина бывшая столица Арташат, судя по летописным источникам, не пострадала. Об этом свидетельствует не только отсутствие в летописях упоминаний о разрушениях, но и тот факт, что после землетрясения 893г. католикос переехал из разрушенного Двина в Арташат.

Высокая интенсивность Двинских землетрясений 863 и 893гг. является следствием “эффекта участка” (Site Effect). Кроме того, во время полевых макросейсмических обследований на участке центрального квартала города Двин, были зафиксированы примеры образования просадок и возникновения эффекта разжижения грунта. Следует отметить, что при внимательном прочтении текстов летописных и других исторических документов о катастрофических землетрясениях 863 и 893гг. были обнаружены описания разрушений, причиной которых могло быть разжижение грунтов.

Можно утверждать, что подобный нестабильный грунт будет воздействовать на пространственное проявление и распределение деформаций, сильно маскировать первичное сейсмическое воздействие и, следовательно, делать проблемной картирование географических координат эпицентра Двинских землетрясений и корректную привязку сейсмического очага к какой-либо конкретной тектонической структуре Приереванской активной зоны (Ереванский или Гарнийский разломы).

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ ЗОНЫ ЕРЕВАНСКОГО РАЗЛОМА

4.1. Краткая характеристика наиболее сильных землетрясений ($M > 3,7$), происшедших в зоне Ереванского разлома.

Анализ данных наиболее сильных землетрясений ($M \geq 3,7$) в пределах сеймотектонической зоны Ереванского разлома позволил выделить 2 подзоны: центрально - северо - западную Паракар - Ереванскую и юго - восточную Арташат – Вединскую (рис. 7).

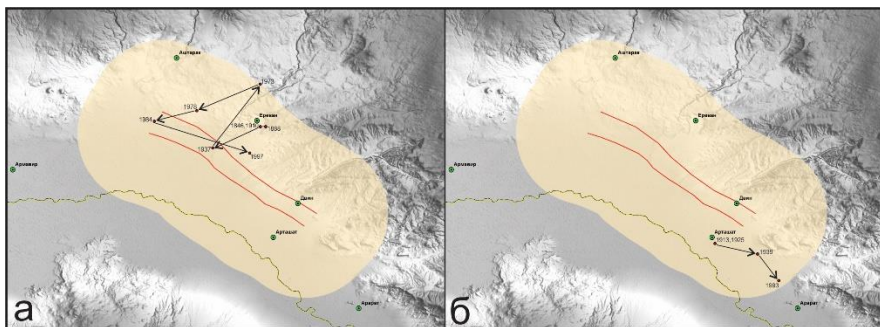


Рис. 7. Пространственное расположение и хронологическая последовательность наиболее сильных землетрясений ($M \geq 3,7$), происшедших: **а** - в Паракар-Ереванской подзоне до 2017г.; **б** - в Арташат-Вединской подзоне до 2017г.

Сравнительный анализ этих материалов позволяет высказать некоторые предположения:

1) Пространственное расположение эпицентров наиболее сильных событий ($M \geq 3,7$) за весь период исследований (до 2017г.) позволяет утверждать, что их относительно высокоэнергетическая реализация соответствует сейсмической разработке осевой зоны Ереванского разлома.

2) Реализация наиболее сильных землетрясений ($M \geq 3,7$) в Паракар-Ереванской подзоне приурочена к площади северной ветви Ереванского разлома, а в Арташат-Вединской подзоне – к площади южной ветви.

3) Несмотря на кажущуюся территориальную отдаленность и разобщенность этих подзон нельзя отрицать наличие определенной генетической взаимосвязи между ними, выявленной в хронологической последовательности землетрясений ($M \geq 3,7$), и которая осуществляется по направлению СЗ–ЮВ и соответствует азимуту пространственного расположения северной и южной ветвей парного Ереванского разлома.

4) Существенной отличительной особенностью является разная глубинность гипоцентров зарегистрированных землетрясений в выделенных подзонах: в Паракар-Ереванской – 5-10км. и в Арташат-Вединской – 10-25км.

4.2. Анализ афтершокового процесса Ереванского землетрясения 07.01.1937г.

Данный параграф посвящен всестороннему изучению макросейсмических материалов, посвященных наиболее сильному землетрясению (07.01.1937г., $M_s=4,75$) Паракарской зоны Ереванского разлома.

В параметрическом каталоге Н.К. Карапетян приводятся характеристики лишь одного форшока и 8 наиболее сильных афтершоков (07.01.-29.01.1937г.) с интенсивностью $I \geq 5$ баллов. В макросейсмическом каталоге Е.И. Бюса дается описание 4 форшоков и 23 афтершоков Ереванского землетрясения 07.01.1937г.

Для выявления особенностей афтершокового сейсмического процесса землетрясения 07.01.1937г. был представлен пространственно-временной ход всех сейсмических событий в 2-х вариантах - только по параметрическим данным и общий, полученный путем совмещения параметрических и макросейсмических данных (рис.8).

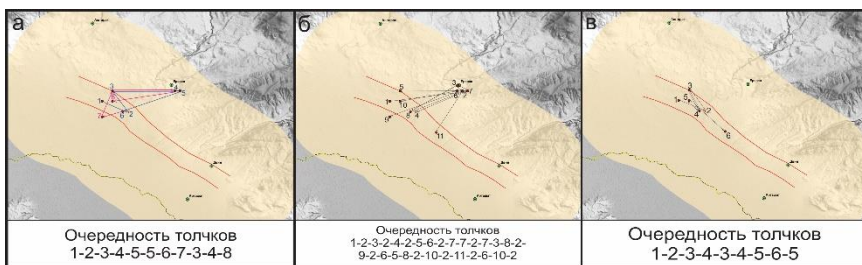


Рис.8. Хронологическая последовательность всего сейсмического афтершокового процесса землетрясения 07.01.1937г.: а - по 1-му варианту; б - по 2-му варианту; в - в осевой зоне Ереванского разлома за временной период 07.01.1937г. - 14.08.1937г.

Одним из основных выводов по вышеизложенному материалу является утверждение о том, что в процессе афтершокового процесса землетрясения 07.01.1937г. происходила разработка осевой области Ереванского разлома в центральной Паракарской подзоне.

4.3. Особенности сейсмического режима в зоне Ереванского разлома за период 1937-2017гг.

Для определения активности Ереванской тектонической структуры были проанализированы все пространственно-временные характеристики сейсмического режима по базе сейсмических событий. Основой для аналитических расчетов и других исследований землетрясений инструментального периода наблюдений был принят Национальный параметрический каталог землетрясений Армении, составленный на основе сопоставительного анализа материалов из разных источников, а также каталога ИГН НАН РА с приведением энергетической характеристики - магнитуды к M_s . Рабочая выборка (1937-2017гг.) из этого каталога инструментальных землетрясений была подготовлена для площади современной сеймотектонической модели Ереванского разлома, построенной А.С. Караханяном и др.. Следует отметить, что в данной модели ширина зоны разлома составляет по 15км в обе стороны. Это решение призвано учесть возможные неопределенности по определению 2D и 3D конфигураций геометрической формы разлома.

Общий анализ пространственно-временных закономерностей распределения основных характеристик инструментальных землетрясений, зарегистрированных на площади сеймотектонической модели Ереванского разлома, позволил оценить уровень представительности землетрясений ($M=2,2$), значение угла наклона графика повторяемости землетрясений ($b=0,952$).

В инструментальный период наблюдений сейсмическая активность Ереванского разлома приурочена к центральному сегменту. A_{max} расчетная сейсмическая активность зоны Ереванского разлома составляет 0,637. Можно утверждать, что в исследуемом районе дефицита числа сейсмических событий не наблюдается, однако образовался дефицит энергии, который может быть восполнен как одним сейсмическим событием с $M_{max}=4,5$, так и рядом средних и слабых землетрясений с той же суммарной энергией, что более вероятно и характерно для сейсдинамики зоны Ереванского разлома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненной диссертационной работы можно сделать следующие обобщения и выводы:

1. Высокая интенсивность Двинских землетрясений 863 и 893гг. (8-10баллов), является следствием неблагоприятных грунтовых условий. Подобный нестабильный грунт может воздействовать на пространственное проявление и распределение деформаций, сильно маскировать первичное сейсмическое воздействие и, следовательно, делать проблемным картирование географических координат эпицентра Двинских землетрясений и корректную привязку сейсмического очага к какой-либо конкретной тектонической структуре Приереванской активной зоны (Ереванский или Гарнийский разломы). По нашему заключению, в обоих случаях, оценка сеймотектонического потенциала юго-восточного фланга зоны Ереванского разлома должна быть пересмотрена в сторону понижения.
2. Реанализ всех имеющихся данных, с учетом результатов новых обследований позволяет с определенной долей уверенности констатировать, что так называемое Аручское землетрясение 972г. является “ложным” сейсмическим событием и разрушение храма Звартноц не связано с сейсмическим воздействием. С учетом изменения географических координат эпицентра землетрясения 28.10.1916 г., можно утверждать, что северо-западный сегмент Ереванского разлома сейсмически малоактивен.
3. Анализ данных наиболее сильных инструментальных землетрясений ($M \geq 3,7$) в пределах сеймотектонической зоны Ереванского разлома позволил выделить 2 подзоны: центрально-северо-западную Паракар-Ереванскую и юго-восточную Арташат-Вединскую.
4. Реализация наиболее сильных землетрясений ($M \geq 3,7$) в Паракар-Ереванской подзоне приурочена к площади северной ветви Ереванского разлома, а в Арташат-Вединской подзоне – к площади южной ветви.
5. Пространственное расположение эпицентров сравнительно сильных событий ($M \geq 3,7$) за весь период исследований (до 2017г.) позволяет утверждать, что их относительно высокоэнергетическая реализация соответствует сейсмической разработке осевой зоны Ереванского разлома. Это подтверждается также результатами анализа афтершокового процесса землетрясения 07.01.1937г.
6. В инструментальный период наблюдений сейсмическая активность Ереванского разлома приурочена к центральному сегменту. Расчетная сейсмическая активность зоны Ереванского разлома составляет $A_{\max}=0,637$. Общий анализ пространственно-временных закономерностей распределения основных характеристик инструментальных землетрясений, зарегистрированных на площади сеймотектонической модели Ереванского разлома, позволил оценить уровень представительности землетрясений ($M=2,2$), значение угла наклона графика повторяемости землетрясений - $b=0,952$.
7. Можно утверждать, что в исследуемом районе дефицита числа сейсмических событий не наблюдается, однако образовался дефицит энергии, который может быть восполнен как одним сейсмическим событием с $M_{\max}=4,5$, так и рядом средних и слабых землетрясений с той же суммарной энергией, что более вероятно и характерно для сейсмодинамики зоны Ереванского разлома.

Основные выводы диссертации были опубликованы в следующих научных журналах.

1. **Баласаниян С.В.** Сильные исторические землетрясения на северо-западном фланге Ереванского разлома: новые данные и реанализ. (Сборник научных статей: СНО ЕГУ) 2016, №1.5(22), с.82-97.
2. Караханян А.С., **Баласаниян С.В.**, Макарян Х.В., Геворкян М.Р. « Сардарапатская структура (Армения): новые данные о сейсмической активности ». Устойчивое развитие горных территорий. Россия, Республика Северная Осетия-Алания, 2017,стр 332-343.
3. **Баласаниян С.В.** Результаты исследований особенностей активной тектоники восточной ветви Сюникской структуры pull-apart. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2017, т.70, № 2, с.50-58.
4. Караханян А.С., **Баласаниян С.В.** Сильные исторические землетрясения на юго-восточном фланге Ереванского разлома: новые данные и реанализ Двинских землетрясений. (Наука и образование в Арцахе). 2017, № 3-4, с. 82-91.
5. **Баласаниян С.В.** К вопросу о возможных причинах разрушения храма Звартноц. Современные научные исследования: Теория и практика (Modern scientific research: theory and practice). /Материалы Международной научно-практической конференции 21 октября 2017г. (г.София, Болгария) /изд. КЪща «СОРОС», НИЦ «Мир Науки», 2017, с. 553-565.
6. Саргсян Л.С., Караханян А.С., **Баласаниян С.В.** Особенности сейсмического режима зоны Ереванского разлома по данным инструментального периода наблюдений (1937-2017гг.). Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2017, т.70, № 3, с.31-37.

**ԵՐԵՎԱՆՅԱՆ ԽՉՎԱԾՔԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՄԵՅՄԱՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ
ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ**

Ամփոփագիր

Հետազոտությունները վերաբերվում են Մերձերևանյան գոտում գտնվող Երևանյան խզվածքի սեյսմատեկտոնական ակտիվությանը: Այդ գոտում տեղի ունեցած երկրաշարժերի ուսումնասիրություններից ստացված մակրոսեյսմիկ տվյալների վերլուծությունը հնարավորություն տվեց փաստել, որ Երևանյան խզվածքի հյուսիս-արևմտյան թևում պատմական ժամանակահատվածում ուժեղ երկրաշարժեր տեղի չեն ունեցել, իսկ հարավ-արևելյան թևում IX դարի Դվինի երկրաշարժերի աղետաբեր հետևանքները պայմանավորված են հիմնականում անբարենպաստ գրունտային պայմաններով: Հետազոտությունների արդյունքում հնարավորություն է ընդձեռնվում ճշտել Երևանյան խզվածքի գոտու սեյսմատեկտոնական պոտենցիալի և սեյսմիկ վտանգի կանխատեսման գնահատականները: Արվել է Երևանյան խզվածքի սեյսմատեկտոնական գոտու տարածքի սեյսմիկ ռեժիմի վերլուծությունը 1937-2017 թթ. ժամանակահատվածի համար: Երկրաշարժերի հիմնական բնութագրերի միջև ստացված ժամանակա-տարածքային բաշխման ֆունկցիոնալ կապերը թույլ տվեցին գնահատել երկրաշարժերի ուժգնության ներկայացուցչական մակարդակը ($M=2.2$), երկրաշարժերի կրկնողության Գուտենբերգի բանաձևի և գրաֆիկի գործակիցը ($b=0.952$), հնարավոր սպասվող առավելագույն երկրաշարժի մագնիտուդը ($M_{max}=4.5$):

Պաշտպանվող դրույթները.

1. Երևանյան խզվածքի հյուսիս-արևմտյան թևում պատմական շրջանում ուժեղ երկրաշարժեր չեն դիտվել:
2. Երևանյան խզվածքի հարավ-արևելյան թևի բարձր սեյսմիկ ներուժի էներգետիկ արժեքը հարկավոր է վերանայել նվազեցման ուղղությամբ:
3. Երևանյան խզվածքի սեյսմատեկտոնական գոտու սահմաններում ամենաուժեղ սեյսմիկ գործիքային երկրաշարժերի վերլուծությունը ($M \geq 3.7$) թույլ է տվել անջատել 2 ենթագոտի. կենտրոնական՝ Փարաքար-Երևանյանը և հարավ-արևելյան՝ Արտաշատ-Վեդիինը: Ավելին, Փարաքար-Երևանյան ենթագոտում տեղի ունեցած ամենաուժեղ երկրաշարժերը ($M \geq 3.7$) կապված են Երևանյան խզվածքի հյուսիսային թևի հետ, իսկ Արտաշատ-Վեդի ենթագոտում՝ հարավային թևի հետ:
4. Ամենաուժեղ երկրաշարժերի էպիկենտրոնների տարածական տեղաբաշխումը հետազոտությունների ամբողջ ժամանակահատվածի համար (մինչև 2017թ.) վկայում է Երևանյան խզվածքի առանցքային գոտու սեյսմիկ ակտիվության մասին:
5. Սեյսմիկ ռեժիմի տարածաժամանային բնութագրերի վերլուծությունը թույլ է տալիս պնդել, որ ձևավորվել է էներգիայի դեֆիցիտ, որը կարող է լրացվել թե՛ մեկ

սեյսմիկ իրադարձությամբ $M_{\max}=4,5$, թե՛ նույն ընդհանուր էներգիայով մի շարք միջին կամ թույլ երկրաշարժերով, ինչը ավելի հավանական ու բնութագրական է Երևանյան խզվածքի գոտու սեյսմադինամիկայի համար:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Կատարված աշխատանքի արդյունքներով կարելի է անել հետևյալ ամփոփումները և եզրակացությունները.

1. 863թ. և 893թ. Դվինի երկրաշարժերի բարձր ինտենսիվությունը (8-10 բալ) պայմանավորված է անբարենպաստ գրունտներով: Այդպիսի անկայուն գրունտները քողարկում են առաջնային սեյսմիկ ազդեցությունը, խնդիրներ առաջացնելով Դվինի երկրաշարժերի էպիկենտրոնների կոորդինատների քարտեզագրման և նրանց սեյսմիկ օջախի՝ որևէ հստակ տեկտոնական կառույցի հետ ճիշտ կապակցմանը (Երևանյան կամ Գառնիի խզվածք): Մեր կարծիքով, երկու դեպքում էլ Երևանյան խզվածքի հարավ-արևելյան թևի սեյսմատեկտոնական ներուժի արժեքը պետք է վերանայել նվազեցման ուղղությամբ:
2. Գոյություն ունեցող բոլոր տվյալների կրկնակի վերլուծությունը, հաշվի առնելով նոր դիտարկումների արդյունքները, թույլ է տալիս որոշակի համոզվածությամբ փաստել, որ 972թ. այսպես կոչված Արուճի երկրաշարժը հանդիսանում է “կեղծ” սեյսմիկ իրադարձություն և որ Զվարթնոցի տաճարի քանդվելը կապված չէր սեյսմիկ ազդեցության հետ: Բացի այդ, հաշվի առնելով 28.10.1916թ. երկրաշարժի էպիկենտրոնի աշխարհագրական կոորդինատների վերանայումը, կարելի է պնդել, որ Երևանյան խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտը սեյսմիկորեն քիչ ակտիվ է:
3. Երևանյան խզվածքի սեյսմատեկտոնական գոտու սահմաններում ամենաուժեղ սեյսմիկ գործիքային երկրաշարժերի վերլուծությունը ($M \geq 3.7$) թույլ է տվել անջատել 2 ենթագոտի. կենտրոնական՝ Փարաքար-Երևանյանը և հարավ-արևելյան՝ Արտաշատ-Վեդիինը:
4. Փարաքար-Երևանյան ենթագոտում տեղի ունեցած ամենաուժեղ երկրաշարժերը ($M \geq 3.7$) կապված են Երևանյան խզվածքի հյուսային թևի հետ, իսկ Արտաշատ-Վեդի ենթագոտում՝ հարավային թևի հետ:
5. Ուսումնասիրությունների ողջ ժամանակահատվածում ամենաուժեղ ($M \geq 3.7$) երկրաշարժերի էպիկենտրոնների տարածական դիրքը թույլ է տալիս փաստել, որ նրանց համեմատաբար բարձր էներգետիկ իրագործումը համապատասխանում է Երևանյան խզվածքի առանցքային գոտու սեյսմիկ արտահայտմանը: Դա նաև հաստատվում է 07.01.1937թ. երկրաշարժի հետցնցումային ընթացքի վերլուծության արդյունքներով:

6. Դիտարկումների գործիքային շրջանում Երևանյան խզվածքի սեյսմիկ ակտիվությունը կապակցված է եղել կենտրոնական սեզմենտի հետ: Երևանյան խզվածքի հաշվարկային սեյսմիկ ակտիվությունը համապատասխանում է $A_{\max}=0,637$ -ին: Երևանյան խզվածքի սեյսմատեկտոնական մոդելի տարածքում գրանցված գործիքային երկրաշարժերի հիմնական բնութագրերի տարածաժամանակային բաշխման օրինաչափությունների ընդհանուր վերլուծությունը թույլ է տվել գնահատել երկրաշարժերի ներկայացուցչական մակարդակը ($M=2.2$) և երկրաշարժերի կրկնման գրաֆիկի թեքության անկյան արժեքը՝ $b=0,952$:
7. Ուսումնասիրվող տարածաշրջանում սեյսմիկ իրադարձությունների դեֆիցիտ չի դիտվում, սակայն ձևավորվել է էներգիայի դեֆիցիտ, որը կարող է լրացվել կամ մեկ սեյսմիկ իրադարձությամբ $M_{\max}=4,5$, կամ նույն ընդհանուր էներգիայով՝ մի շարք միջին կամ թույլ երկրաշարժերով, ինչը ավելի հավանական ու բնութագրական է Երևանյան խզվածքի գոտու սեյսմադինամիկայի համար:

BALASANYAN SERGEY VLADIMIROVICH
RECENT SEISMOTECTONIC ACTIVITY OF THE YEREVAN FAULT

Abstract

The studies are related to the investigation of seismotectonic activity of the Yerevan Fault located in the near-Yerevan zone of the Republic of Armenia. The analysis of macro-seismic data produced by the study of earthquakes that took place in this zone enabled documenting absence of any strong earthquakes in the northwestern part of the Yerevan Fault during the historical period, and relating the disastrous effects of the 9th century Dvin earthquakes mainly to the unfavorable ground conditions. The outcome of the studies allows an improved assessment of both the seismotectonic potential of the Yerevan Fault zone, and the expected seismic hazard.

The seismic regime of the seismotectonic zone of the Yerevan Fault in the RA was analyzed for the period of 1937-2017. The functional relationship in time-space distribution of main earthquake characteristics enabled evaluation of the representativeness of earthquakes ($M=2.2$), earthquake recurrence by Gutenberg's formula and the coefficient of the plot ($b=0,952$), and the expected likely maximum earthquake magnitude ($M_{\max}=4.5$).

Defended Statements

1. During the historical period, strong earthquakes were not observed on the northwestern flank of the Yerevan Fault.
2. High seismic potential of the southeastern flank of the Yerevan Fault should be revised toward a lower estimate.
3. The analysis of data for the strongest instrumental earthquakes ($M \geq 3.7$) within the seismotectonic zone of the Yerevan Fault enabled identification of 2 sub-zones: the central Parakar-Yerevan and the south-eastern Artashat-Vedi. Furthermore, realization of the strongest earthquakes ($M \geq 3.7$) in the Parakar-Yerevan and Artashat-Vedi sub-zones is confined, respectively, to the areas of the northern and southern branches of the Yerevan Fault.
4. Spatial position of epicenters of the strongest events ($M \geq 3.7$) during the entire period of studies (until 2017) suggests that relatively high energy level of their realization is consistent with the seismic manifestation of the axial area of the Yerevan fault zone.
5. The analysis of space-time characteristics of the seismic regime enables the statement that the energy deficit has established and that it could be compensated either by a single $M_{\max}=4.5$ seismic event, or by a series of medium-size and weak earthquakes with the same total energy, which is more likely and characteristic of the seismodynamics in the Yerevan Fault zone.

CONCLUSION

The completed work for the thesis allows the following summaries and conclusions:

1. The high intensity of the Dvin earthquakes of 863 and 893 (8-10 points) was determined by *Site Effect*. It is possible to state that such unstable soil would conceal the original seismic impact, hence, complicate mapping of the coordinates of epicenters of the Dvin earthquakes and correct localization of

the seismic source on any tectonic structure (the Yerevan fault and the Garni Fault). In our view, assessment of the seismotectonic potential of the southeastern flank of the Yerevan Fault zone in both cases should be revised in terms of a lower estimate.

2. The re-analysis of all available data, considering the results of new investigation, enables stating with certain confidence that the so-called Arouch earthquake of 972 is a “false” seismic event and that the destruction of the Zvartnots Temple was not related to any seismic impact. Besides, considering the revision of the geographic coordinates of the epicenter for the earthquake of 28.10.1916, it is stated that the northwestern segment of the Yerevan Fault has low seismic activity.

3. The analysis of the strongest instrumental earthquakes ($M \geq 3.7$) in the limits of the seismotectonic zone of the Yerevan Fault enabled identification of 2 sub-zones: the central-northwestern Parakar-Yerevan and the southeastern Artashat-Vedi sub-zone.

4. Realization of the strongest earthquakes ($M \geq 3.7$) in the Parakar-Yerevan and Artashat-Vedi sub-zones is confined, respectively, to the areas of the northern and southern branches of the Yerevan Fault.

5. The spatial position of epicenters of the strongest events ($M \geq 3.7$) during the entire period of study (until 2017) suggests that relatively high energy level of their realization is consistent with the seismic manifestation of the axial area of the Yerevan fault zone. This is confirmed by the results of analysis of the aftershock process for the earthquake of 07.01.1937.

6. For the instrumental observation period, seismic activity of the Yerevan Fault was confined to the central segment. Estimated seismic activity of the Yerevan fault zone corresponds to $A_{\max}=0,637$. An overall analysis of space-time distribution regularities for the main characteristics of instrumental earthquakes recorded over the area of the seismotectonic model for the Yerevan Fault allowed assessment of the representative earthquake rate ($M=2.2$) and of the inclination angle value for the earthquake recurrence plot - $b=0,952$.

7. The analysis of space-time characteristics of the seismic regime enables the statement that the energy deficit has established and that it could be compensated either by a single $M_{\max}=4.5$ seismic event, or by a series of medium-size and weak earthquakes with the same total energy, which is more likely and characteristic of the seismodynamics in the Yerevan Fault zone.