

РЕЗУЛЬТАТЫ
КОМПЛЕКСНОГО
ИЗУЧЕНИЯ
ЗАНГЕЗУРСКОГО
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԳԵՄԻԱ
ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԱ ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԿԱՐՄԻՐ ԳՐՈՇԻ ՇՔԱՆՇԱՆԱԿԻՐ
ԳԵՈՅԻԶԻԿԱՅԻ ԵՎ ԻՆԺԵՆԵՐԱՅԻՆ ՍԵՅՄՄՈՂՈՂԻԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

**ԶԱՆԳԵԶՈՒՐԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ԿՈՄՊԼԵՔՍԱՅԻՆ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ**

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
ГЕОФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО
ИЗУЧЕНИЯ ЗАНГЕЗУРСКОГО
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

5310

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР
ЕРЕВАН



Научные редакторы
Академик АН Арм. ССР А. Г. НАЗАРОВ,
Доктор техн. наук проф. Б. К. КАРАПЕТЯН

В работе приводятся результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения, происшедшего 9 июня 1968 г., и его последующих толчков. В сборнике отражены геофизические, сейсмологические и инженерно-сейсмологические исследования по изучению природы землетрясений, сейсмического воздействия на сооружения, а также их прогнозирования.

Книга предназначена для специалистов, работающих в области геофизики, сейсмологии и инженерной сейсмологии.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Центральной части Зангезура в районе села Гярд 9 июня 1968 года произошло сильное землетрясение с магнитудой порядка 5. Оно вызвало повреждения в ряде жилых, промышленных и общественных зданий г.Каджарана и прилегающих селений.

Сразу же после землетрясения в Каджаран выехала группа сотрудников Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР во главе с академиком АН Армянской ССР А.Г.Назаровым для организации работ по изучению последствий этого землетрясения. В последующем в районе землетрясения работали экспедиции Института геологии АН Азерб. ССР, АИСМ Госстроя Арм. ССР, ИФЗ АН СССР, ТИССС АН Тадж.ССР, ЦНИИСК Госстроя СССР.

В обследовании землетрясения принимал участие председатель МСССС чл.-корр. АН СССР Е.Ф.Саваренский.

В результате был осуществлен большой комплекс геофизических, сейсмологических и инженерно-сейсмологических исследований, представляющих существенный интерес в изучении землетрясений, сейсмического воздействия на сооружения, а также их прогнозирования.

В настоящий сборник включены статьи, отражающие результаты законченных работ по изучению зангезурских землетрясений 1968 г.

ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
И ПРОЯВЛЕНИЯ ЗАНГЕЗУРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
1968 ГОДА

Особенности геологического строения и тектоники Зангезура освещены в многочисленных исследованиях. Однако наиболее полной и обобщающей сводкой в настоящее время является монография С.С.Мкртчяна "Зангезурская рудоносная область Армянской ССР", которая лежит в основе современных представлений о структуре этой области. В пределах Центрального Зангезура выделяются две крупные геотектонические единицы: Сомхето-Кафанская и Армянская складчатые зоны, граница между которыми проводится по Хуступ-Гиратагскому глубинному разлому. В структурном отношении в пределах Центрального Зангезура с востока на запад выделяются следующие элементы первого порядка: в составе Сомхето-Кафанской зоны - Кафанский антиклинорий, а в составе Армянской - Зангезурский антиклинорий и Ордубадский синклинорий. Ось Кафанского антиклинория имеет северо-западное простирание и проходит через г.Кафан и сел.Татев. Ядро антиклинория сложено вулканическими образованиями байоса, которые на крыльях трансгрессивно перекрываются вулканогенно-осадочными отложениями верхней юры и мела. Зангезурский антиклинорий занимает высокогорную область одноименного хребта и граничит на востоке по Хуступ-Гиратагскому разлому с Кафанским антиклинорием. В ядре складки обнажаются крупный гранитоидный массив и интенсивно дислоцированные метаморфизованные породы докембрия и эопалеозоя, выступающие вдоль Хуступ-Гиратагского разлома. Расположенный западнее Ордубадский синклинорий сложен карбонатно-терригенными отложениями мела и вулканогенно-осадочными отложениями палеогена [1,14,15,21].

Отсутствие синклинальной структуры между Кафанским и Зангезурским антиклинориями и ряд признаков дали основание последний отнести к типу "шовных антиклиналей" [14].

В настоящее время трудно согласиться с существующим представлением о характере сочленения Сомхето-Кафанской и Армянской складчатых зон в пределах южной Армении [14, 21]. Новые данные [4,12,17,22] свидетельствуют против выделения Зангезурской "шовной" антиклинали и картирования непрерывной полосы пале-

озойских отложений вдоль зоны Хуступ-Гиратагского разлома, ибо в большинстве случаев "палеозойские отложения" фаунистически датируются как меловые [12]. Изменилось и структурное истолкование роли Хуступ-Гиратагского разлома как тектонического рубежа двух складчатых зон [4,6].

Общезвестно, что Сомхето-Кафанская и Армянская складчатые зоны резко отличаются друг от друга по геологическому строению и истории геотектонического развития, начиная со среднего палеозоя. Сомхето-Кафанская складчатая зона в течение среднего и верхнего палеозоя имела тенденцию геоантиклинального развития. В начале юры она испытала сильное прогибание с накоплением вулканогенно-осадочных отложений, мощностью 7-8 км. С конца верхнего мела, а более отчетливо с олигоцена, Сомхето-Кафанская складчатая зона испытала поднятие, которое почти непрерывно продолжается до современной эпохи. В Армянской складчатой зоне, в отличие от Сомхето-Кафанской, широкое развитие имеют морские отложения, средневерхнего палеозоя и триаса, а юрские образования полностью отсутствуют. С верхнего мела Армянская зона возлекается в новое прогибание, еще более интенсивно продолжающееся в течение всего эоцена. С начала миоцена происходит общее поднятие зоны, сопровождающееся в отдельные периоды излияниями андезитово-базальтовых лав [14, 21]. Как видим, история геотектонического развития двух примыкающих складчатых зон во многом напоминает игру блоков разных знаков, причем поднятие одного сопровождалось опусканием другого. В результате этих дифференцированных движений в пограничной полосе двух складчатых зон формировалась зона (зона сочленения) интенсивного смятия, дробления и гидротермального изменения, интродуцированная крупными интрузивами, рвущими телами и роом даек различного состава и возраста.

Особенность внутреннего строения зоны сочленения заключается в том, что здесь главную роль играет глыбовая складчатость, обусловленная наличием многочисленных сложно построенных зон продольных и поперечных тектонических нарушений, по которым происходили и происходят дифференцированные движения отдельных блоков. С другой стороны, если во внутренних частях складчатых зон преобладают открытые прямые антиклинальные и синклиналильные складки, то зона сочленения характеризуется резкой изоклинальной складчатостью, а на от-

дельных участках наблюдаются складки течения и нагнетания, характерные для зон метаморфизма. К сожалению, до сих пор зона сочленения на специализированных картах как самостоятельная структурная единица не выделяется, а особенности ее внутреннего строения не изучаются. Это обстоятельство в некоторой степени приводит к произвольным построениям и путанице. Так, например, в районе сел. Гярд (эпицентральный район зангезурских землетрясений) некоторые исследователи описывают антиклинальную складку субмеридионального простирания [18], вторые — субширотного простирания (Г.О.Пиджян), а третьи — северо-западного простирания [21].

Имеющиеся материалы по истории геотектонического развития и геологическому строению Центрального Зангезура, новые данные и наши личные детальные исследования дают основание предложить новую структурную схему этой области [4-6].

В пределах Центрального Зангезура выделяются: 1. Кафанский антиклинорий; 2. Зона сочленения; 3. Ордубадский синклинорий (рис. 1).

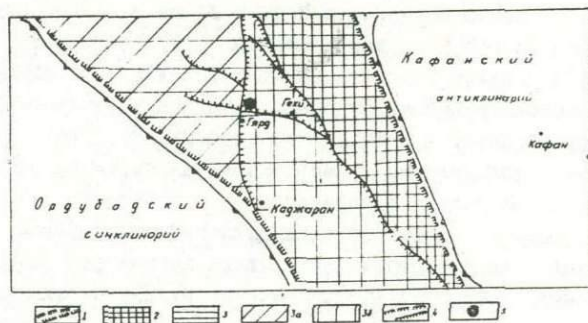


Рис. 1. Структурная схема Центрального Зангезура

1 — границы зоны сочленения; 2 — шовная зона (восточный горст); 3 — западный грабен; 3а — Зангезурский горст; 3б — Каджаранский грабен; 4 — зоны тектонических нарушений; 5 — эпицентры зангезурских землетрясений 1968 г.

Зона сочленения имеет очень сложное внутреннее строение, представляя из себя мощную зону крупных крутопадающих близкорасположенных тектонических разломов северо-западного простирания. Наиболее крупными из них являются зоны Хуступ-Гиратагского, Ахсакальского и Дебаклинского разломов. Хуступ-Гиратагская и Де-

Баклинская зона разломов ограничивает зону сочленения соответственно с востока и запада. Внутри зоны сочленения с востока на запад отчетливо выделяются: 1. Шовный горст (зона шва); 2. Западный грабен. Шовная зона ограничена с востока Хус-туп-Гиратагским, а с запада Ахсакальским разломами северо-западного простирания при юго-западном падении. Шовный горст сложен интенсивно дислоцированными и метаморфизованными средневерхнепалеозойскими и мезозойскими отложениями. Западный грабен сложен верхнемеловыми и эоценовыми отложениями и ограничен с запада Дебаклинским, а с востока - Ахсакальским разломами северо-западного простирания. Зона Дебаклинского разлома падает на северо-восток, т.е. навстречу зоне Ахсакальского разлома. Через середину Западного грабена проходит крупная зона Гярдского сбросо-сдвигового нарушения меридионального простирания с восточным падением, которая делит Западный грабен на две части: Каджаранский грабен (на востоке) и Зангезурское горстовое поднятие (на западе). Если сопоставить предложенную структурную схему Центрального Зангезура со схемой новейшей тектоники этого района [20], то вновь выделенные Шовный горст и Зангезурское горстовое поднятие будут соответствовать Баргушатскому и Капут-джихскому локальным сводо-глыбовым поднятиям, а Каджаранский грабен, расположенный между ними, - Мегринскому прогибу.

Следует отметить, что в свою очередь эти горсты и грабены расколоты крутопадающими субширотными разломами на блоки, характеризующиеся различной интенсивностью и контрастностью новейших и современных тектонических движений. В пределах одного из этих блоков - Гехинского - расположены эпицентры Зангезурских землетрясений 1968 года. Тектонический блок-треугольник образуется в зоне пересечения трех крупных разломов (меридионального - Гярдского, северо-западного - Ахсакальского и субширотного - Чайкендского) и является самым сейсмоопасным участком этого района [6].

Гярдское и Чайкендское нарушения в эпицентральной зоне эффективно выражены в рельефе в виде вертикальных обрывов вулканогенно-осадочных и интрузивных пород. Эти факты, а также сильное меандрирование и ступенчатый характер профилей русел рек и ручьев этого участка свидетельствуют об интенсивном проявлении современных тектонических движений.

Гехинский тектонический треугольник сложен в основном

отложениями верхнего карбона и перми, представленных в различной степени метаморфизованными известняками и порфиритами мощностью 200-250 м (рис. 2, А). Южная часть Каджаранского грабена сложена в основном отложениями нижнего эоцена. Эти отложения представлены отдельными разностями основных порфиритов, обычно сильно элидотизированных, туфов, туффитов и туфобрекчий, мощностью 1000 м [1, 21].

Нижнеэоценовые отложения слагают также юго-западные и западные части Зангезурского горстового поднятия. На востоке этого поднятия, на границе с Гярдским тектоническим треугольником, значительное распространение имеют отложения верхнего мела, которые расчленяются на две толщи: нижняя - вулканогенная, мощностью до 1500 м, и верхняя - вулканогенно-осадочная, мощностью 250-300 м [2, 3, 21].

Детальный анализ фаций и мощностей палеозойских и мезозойских отложений эпицентрального района показывает, что эпицентральный район испытал двукратное изменение общей направленности тектонического режима (повторная инверсия) в конце палеозоя и в верхнем эоцене, а за верхний эоцен-четвертичное время район испытывает интенсивное сводовое поднятие свыше 4000 м (с учетом новейших движений, по данным А.А.Габриеляна и Е.Е.Миляновского).

Таким образом, в структурном отношении эпицентральный район зангезурских землетрясений пространственно и генетически приурочен к зоне сочленения двух складчатых зон, выраженной зоной Зангезурского глубинного разлома. Такая зона в сейсмологии известна как зона сейсмического шва. Однако на всем протяжении зоны сочленения сейсмическая активность проявляется не в равной степени. Повышенная сейсмичность наблюдается в центральной части Зангезура, вдоль полосы Гехи-Кафан, секущей зону сочленения в эпицентральной зоне. Эта полоса имеет свое структурное выражение и фиксируется геофизическими исследованиями.

Нашими исследованиями установлено [4, 6, 8], что субмеридиональные послеверхнепалеозойские тектонические нарушения перекрещиваются с субширотными неоген-четвертичными, а меридиональная подгруппа интрузивов Мегринского и Баргушатского хребта считается группами интрузивов (Гехи-Гярдский, Ахсакальский, Цавский, Казангельский, Иландагский) субширотного направления. Причем группы интрузивов расположены кулисообразно, а некоторые

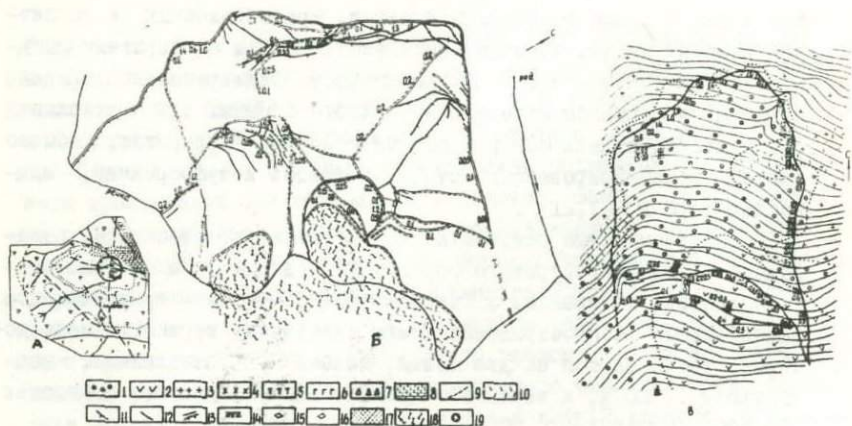


Рис.2. Схема остаточных деформаций и сейсмодислокаций в эпицентральной зоне Зангезурских землетрясений 1968 г.: А - схематическая геологическая карта эпицентрального района; Б - схематический план сейсмодислокаций (участка эпицентров); В - схематическая структурно-геологическая карта участка проявления остаточных деформаций.

1 - элювиальные отложения; 2 - делювиально-пролювиальные и частично флювиогляциальные отложения; 3 - плагиограниты; 4 - порфировидные гранодиориты; 5 - монзониты; 6 - габродиориты; 7 - вулканогенно-осадочные отложения нижнего эоцена; 8 - известняки верхнего карбона - перми; 9 - тектонические нарушения; 10 - зона Чайкендского разлома; 11 - амплитуда смещений по трещинам, в метрах: в числителе - вертикальная, в знаменателе - горизонтальная; 12 - трещины без вертикального смещения; 13 - контур эпицентра землетрясения 9 июня; 14 - контур эпицентра землетрясения 1 сентября; 15 - участок проявления сейсмодислокаций; 16 - участок проявления остаточных деформаций; 17 - участок предполагаемого "взрыва"; 18 - обвалы; 19 - эпицентральный участок.

из них пространственно совпадают с зоной субширотных тектонических нарушений. На северо-западе субширотная полоса неоген-четвертичных тектонических нарушений резко поворачивает на север, образуя колесообразный выступ на юго-запад (рис. 3, А).

На основании наших наблюдений и обобщения новых данных по геологии Кафанского рудного поля [3, 10] устанавливается резко асимметричное строение Кафанского антиклинория. Северо-западная часть антиклинория характеризуется развитием волновой складчатости с преобладанием открытых симметричных антиклиналей и синклиналей при ничтожной роли тектонических нарушений. Левое крыло складки дислоцировано в открытые линейные складки, а восточное имеет моноклиальное падение на северо-восток. Юго-восточная часть характеризуется резко выраженным моноклиальным строением с преимущественным преобладанием роли тектонических нарушений, создающих блоковую структуру. Здесь же обнажаются самые древние отложения района - нижнебайосские. Однако выход этих отложений приурочен не к своду Кафанского антиклинория, а к его пологому северо-восточному моноклиальному крылу. Правильно указывает А.А. Габриелян (устное сообщение), что резко асимметричное строение Кафанского антиклинория с преобладанием вулканогенных отложений и линейных складок на крутом западном крыле и моноклиального падения осадочных на пологом восточном обусловлено соседством с запада длительно живущей зоны Зангезурского глубинного разлома (зоны сочленения). Вдоль рубежа отмеченных структурных частей, в северо-восточном направлении, по северной окраине г. Кафан, А.Т. Асланян (устное сообщение) на основании новых данных по магнитометрии проводит крупное тектоническое нарушение. На юго-западном продолжении зоны этого нарушения - на участках Гехи (эпицентральный район) и Джульфа - палеозойский фундамент выходит на поверхность, а в пределах Кафанского антиклинория - залегает неглубоко, что фиксируется относительной аномалией силы тяжести [11]. Здесь следует отметить тот факт, что вдоль отмеченной полосы располагаются локальные сводо-глыбовые и куполовидные горстовые неотектонические структуры [21], в основном тяготеющие к участкам выходов палеозойского фундамента или же его неглубокого залегания (рис. 3, Б).

Вышеотмеченные структурные особенности плейстоценовой

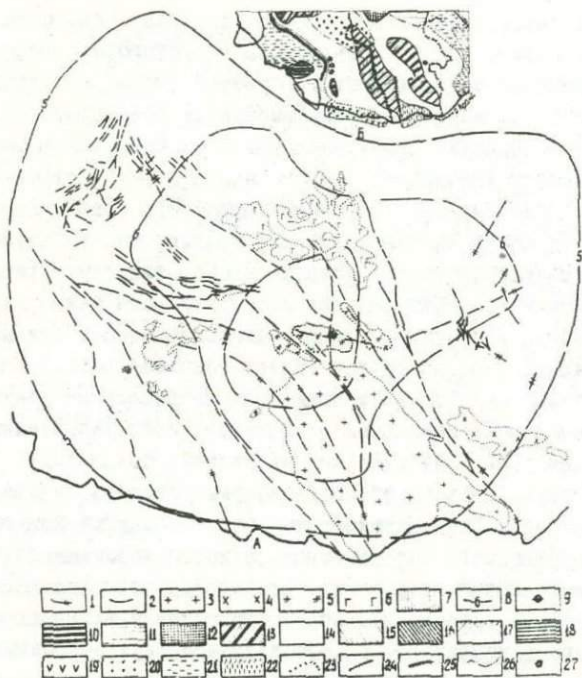


Рис. 3. А - схема расположения основных тектонических нарушений и интрузивов плейстоценовой области зангезурских землетрясений 1968 г., Б - выкопировка из карты новейшей тектоники Армянской ССР (по Е.Е.Милановскому)

Тектонические нарушения: 1 - верхнепалеозой - палеогеновые; 2 - неоген-четвертичные; интрузивы: 3 - Мегринский плуток; 4 - Цавская группа; 5 - Казанчельская, Гехи-Гярдская, Ахсакальская; 6 - Баргушатская группа; 7 - Иландагская группа; 8 - и а с с е й с т ы по А.Г.Назарову и др.; 9 - эпи - центры; 10 - мульды и грабены; 11 - крылья шитов и сводов; 12 - слабые прогибы и их крылья; 13 - локальные сводо-глыбовые поднятия; 14 - крылья поднятий; 15 - глубокие части прогиба; 16 - куполовидные горстовые поднятия; 17 - крылья прогибов и участки слабого прогибания; 18 - слабые прогибы; 19 - глубокие прогибы; 20 - крупнейшие новообразованные поднятия; 21 - участки неогеновых прогибов, включенных в монокинальное поднятие в антропогене; 22 - прогибы и их крылья; 23 - границы неотектологических зон и подзон; 24 - главные тектонические нарушения; 25 - флексуры; 26 - контуры участков мощных проявлений новейшего вулканизма; 27 - мио-плиоценовые лакколиты и экстрезии.

области и эпицентрального района нашли свое отражение в результатах сейсмологических исследований. При детальном макросейсмическом обследовании сооружений г.Кафана осенью 1968 года нами было установлено, что сооружения, пострадавшие от землетрясения, образуют резко вытянутую полосу северо-восточного направления, вдоль северной окраины г.Кафан и более узкую - вдоль зоны Мец-Магаринского разлома. Кроме того, на схеме изосейст Зангезурских землетрясений [19] наблюдается резкая вытянутость шести- и пятибалльных изосейст в двух направлениях: 1) в северо-восточном, по линии Джульфа-Гехи - северная окраина г. Кафан и 2) в северо-северо-западном направлении, по линии Агарак-Каджаран-Дастакерт-Ангехакот (рис. 3, А). Отчетливо выражен изгиб шестибалльной изосейсты по направлению простирания неоген-четвертичных структур. Таким образом, пяти и шестибалльные изосейсты отражают в основном структуру плейстосейстовой области, а семибалльная - структуру эпицентрального района (Гехинского блока). Следовательно, если структурные особенности и геотектонические процессы очаговой зоны определяют пространственное расположение плейстосейстовой области, то структура эпицентрального района и ее изменение в соответствии с тектоническими движениями в очаге определяют пространственное расположение эпицентров [7].

Рассматривая структуру Центрального Зангезура в свете новых данных по истории геотектонического развития Зангезура и прилегающих территорий, мы приходим к выводу, что на фоне субмеридиональной геотектонической зональности просвечивает ундулирующая сейсмогенная поперечная зональность северо-восточного простирания вдоль полосы Джульфа-Гехи (эпицентральный район) - северная окраина г.Кафан и далее на северо-восток.

Следовательно, эпицентральный район зангезурских землетрясений 1968 года располагается в узле пересечения зоны Зангезурского глубинного разлома (зоны сочленения) с ундулирующей сейсмогенной Гехи-Кафанской субширотной поперечной полосой [8].

Процесс землетрясения складывается из трех составных частей - форшоков, главного толчка и афтершоков. Поскольку землетрясения являются частными проявлениями тектонических движений, постольку и эти три составные части должны иметь свое структурное выражение как на глубине, так и на поверхности. С этой

точки зрения особый интерес представляет выявление различных проявлений остаточных деформаций и сейсмодислокаций в эпицентральном районе. Это дает возможность в некоторой степени составить представление о процессах, происходящих в очаговой зоне, и наметить возможные пути для поисков методов прогнозирования землетрясений [7,9].

Эпицентры зангезурских землетрясений 1968 года расположены в юго-западном углу Гехинского тектонического треугольника, в зоне Гярдского сбросо-сдвигового тектонического нарушения. На этом участке обнажаются исключительно интрузивные породы Гехи-Гярдского массива, представленные переходными разностями ряда кварцевый диорит-плаггиогранит.

Эпицентр землетрясения 9 июня имеет трапециевидный контур (рис. 3,Б). Основания трапеции ориентированы на северо-восток. Контур эпицентра выражен крупными вертикальными трещинами с величиной вертикального смещения до 1,8 м, а горизонтального — от 0,1 до 0,35 м. Длина короткого основания 55 м, а длинного — 128 м. Трещины, расположенные внутри трапециевидного контура, в основном приурочены к северному углу трапеции, где пересекаются ее короткое основание и северная сторона. Трещины в основном параллельны короткому основанию и имеют северо-восточное простирание. Во всех случаях поверхности разрывов остаются вертикальными. Наблюдаются трещины со смещением (вертикальным) и без смещения. Сдвиговые смещения полностью отсутствуют. Очень редко встречаются северо-западные и широтные трещины с очень малыми амплитудами вертикальных смещений. Внутриконтурные трещины в основном зияющие, с неровными поверхностями разрывов. Ширина трещин (горизонтальное смещение) составляет от нескольких до первых десятков см.

Все наблюдаемые трещины внутри контура землетрясения 9 июня группируются в одну группу, что соответствует имевшему место одному толчку.

Эпицентр землетрясения 1 сентября располагается внутри контура эпицентра землетрясения 9 июня и выражен двумя "кольцеобразными" (в первом приближении) контурами. Трещины, возникшие при землетрясении 1 сентября, секут более ранние трещины, возникшие при землетрясении 9 июня (рис. 2,Б).

Трещины, ооконтуривающие эти контуры, имеют вертикальные падения с амплитудой вертикального смещения до 1,2 м, относи-

015310

тельно опущенной площадки эпицентра 9 июня. Горизонтальная амплитуда в основном составляет 0,05-0,1 м, иногда 0,15-0,20 м, редко 0,4-0,5 м. Сдвиговые смещения полностью отсутствуют. Внутри контура трещины сосредоточены в северо-западном секторе, имея дугообразный план расположения (повторяя план контура) от юго-западного до широтного и юго-восточного. Таким образом, в результате землетрясений произошло ступенчатое опускание участка эпицентров в виде клина (грабена).

Во всех вышеописанных случаях трещины, возникшие при землетрясениях, имеют сложное строение и волнистые очертания. Детальное изучение этих трещин показало, что волнистость трещин обусловлена процессом их образования. В пределах контуров легко прослеживается вся последовательность образования крупных трещин посредством разрушения перемычек между кулисообразно расположенными более мелкими трещинами.

Прослеживая трещину сброса по направлению ее выклинивания, можно заметить, что величина относительного смещения крыльев сброса постепенно уменьшается и, наконец, вместе с трещиной вовсе сходит на нет. Это постепенное уменьшение амплитуды сброса, по мнению В.В. Белоусова, указывает на постепенное же расслабление разрыва в мелких скольжениях, характеризующих пластическую деформацию [13]. Этот переход разрыва в пластическую деформацию происходит как в пространстве, так и во времени. Следовательно, конец трещины, где амплитуда смещения минимальна, является наиболее молодой частью сброса, в которой процесс концентрации скольжения еще только начался.

Все вышеизложенное свидетельствует о преимущественном преобладании вертикального опускания (смещения) по крутым плоскостям трещин над горизонтальным смещением, в направлении, перпендикулярном плоскости трещин. На участках, где угол падения рельефа увеличивается до $70-80^{\circ}$, по крупным трещинам происходят обвалы.

Особый интерес представляет небольшой участок на месте пересечения контуров эпицентров землетрясений 9 июня и 1 сентября. Здесь вся масса пород с покрывающим их дерном настолько сильно разрыхлена и перемешана, что оставляет впечатление настоящего взрыва. Бесспорно, что аналогичные факторы свидетельствуют о небольшой глубине расположения гипоцентра землетрясения 1 сентября.

За пределами вышеописанных контуров нами закартированы отдельные зияющие трещины с протяженностью до 20-25 м. Общий разнос трещин от эпицентров составляет в среднем 500-1000 м. Но во всех случаях эти трещины располагаются внутри контура Гехинского тектонического треугольника и приурочены к Гярдскому тектоническому нарушению. На прилежащих к Гехинскому тектоническому треугольнику участках, наблюдаются обвалы и камнепады.

Выше мы отметили, что на фоне общего интенсивного сводового поднятия эпицентрального района происходит не менее интенсивный процесс - опускания Гехинского блок-треугольника. С другой стороны, эпицентры зангезурских землетрясений, ограниченные сбросовыми трещинами, отделяются от соседних участков и оседают в виде грабена. Отсутствие всяких сдвиговых смещений и значительный размер горизонтального смещения, перпендикулярно плоскости трещины, свидетельствует об оседании этих участков в процессе растяжения этого района. Следовательно, в пределах интенсивно опускающегося блок-треугольника в процессе землетрясений, в условиях растяжения, возникли сбросовые трещины, по которым и произошло опускание участка эпицентров. На общем фоне опускания наблюдаются отдельные маленькие "блоки", отставшие от опускания. Таким образом, как показывают наши исследования, в гребневой части сводово-глыбового поднятия эпицентрального района зангезурских землетрясений, представляющей собой восходящую неотектоническую структуру второго порядка, возникают растягивающие усилия, в результате чего происходят движения отрицательных знаков - нисходящие смещения блоков в пределах эпицентрального участка (Гехинского блока). Эти резко дифференцированные блоковые движения являются возможной причиной возникновения зангезурских землетрясений.

Зангезурские землетрясения 1968 года сопровождались многочисленными афтершоками, которые имели свое проявление на поверхности в виде остаточных деформаций. Летом 1969 года на внешнем участке пересечения Гярдского и Чайкендского нарушений (участок Гярд) начал проявляться процесс тектонического оседания и обваливания (рис. 2, В). Амплитуда вертикального смещения доходила до 1,6-1,9 м, а горизонтального (перпендикулярно плоскости трещины) - до 1,2-2,0 м. Сдвиговые смещения полностью отсутствовали. На участке "обвала" плагиограниты верх -

него зоцена покрыты элювиально-делювиальными и элювиально-пролювиальными отложениями, мощностью до 10 м.

Смещению подвергается не слой рыхлых отложений по границе с гранодиоритами, а сами гранодиориты, о чем свидетельствуют образование крупных трещин в последних и наличие крупного языка гранодиоритов в центре движущейся массы.

Резко дифференцированные тектонические движения эпицентрального участка являются причиной возникновения пульсационных напряжений, и, вместе с тем, образования остаточных деформаций. Сейсмические данные, получаемые при детальном комплексном изучении участка проявлений остаточных деформаций (устное сообщение А.Х.Баграмяна), подтверждают вывод о продолжающейся пульсации очага в виде микроземлетрясений [9].

Следует учесть, что появление остаточных деформаций тектонического характера в эпицентральной зоне является прямым следствием происходящих пульсаций и одновременно указывает на то, что напряжения в очаге в данный момент постепенно спадают.

Все вышеизложенное дает основание сделать следующие основные выводы:

1. Новые данные по геологическому строению и структуре Зангезура свидетельствуют о том, что на стыке Сомхето-Кафанской и Армянской складчатых зон располагается не "шовная" антиклиналь, а крупная сложно построенная зона сочленения блокового строения. Хуступ-Гиратский разлом является структурным элементом зоны сочленения и ограничивает ее с востока, следовательно, он не может быть самостоятельно рассмотрен как тектонический рубеж двух складчатых зон. На западе зона сочленения ограничена зоной Дебаклинского разлома.

2. Эпицентральный район зангезурских землетрясений просторанственно и генетически приурочен к зоне сочленения, выраженной зоной Зангезурского глубинного разлома.

3. В гребневой части интенсивного свода-глыбового поднятия эпицентрального района зангезурских землетрясений, представляющего собой восходящую неотектоническую структуру второго порядка, возникают растягивающие напряжения, в результате которых происходят не менее интенсивные движения отрицательных знаков - нисходящие смещения блоков в пределах эпицентрального участка (Техинского блока). Эти резко дифференцированные блоковые движения являются возможной причиной возникновения зангезурских

землетрясений.

4. Повышенная сейсмическая активность Центрального Зангезура обусловлена активизацией новейших и современных тектонических движений в узле пересечения (зоны сочленения) с ундулирующей сейсмогенной Гехи-Кафанской субширотной поперечной полосой.

Л и т е р а т у р а

1. Азизбеков Ш.А. Геология Нахичеванской АССР. Изд. Госгеолтехиздат, 1961.

2. Акопян В.Т. Стратиграфия юрских и меловых отложений юго-восточного Зангезура. Изд. АН Арм.ССР, 1962.

3. Акопян В.Т., Казарян А.Г., Шехян Г.Г. Особенности геологии и структуры Кафанского месторождения. Изв. АН СССР, серия геолог., № 5, 1969.

4. Алоян П.Г. Геотектонические особенности эпицентрального района зангезурских землетрясений 1968 г. ДАН Арм.ССР, т. 49, № 4, 1969.

5. Алоян П.Г. Структура Центрального Зангезура и причина землетрясений 1968 г. Материалы III респ. конф. молод. научн. работников Армении. Ереван, изд. АН Арм.ССР, 1970.

6. Алоян А.Г. Геотектонические условия и механизм возникновения зангезурских землетрясений 1968 г. Изв. АН Арм.ССР, серия "Науки о Земле", № 6, 1970.

7. Алоян П.Г. Землетрясения и тектонические движения (на примере Зангезурских землетрясений 1968 г.). Материалы респ. конф. по геофиз. и инж.-сейсмол. исследованиям. Ленинакан, изд. АН Арм.ССР, 1970.

8. Алоян П.Г. О возможных геотектонических причинах повышенной сейсмической активности Центрального Зангезура (Армянской ССР). ДАН Арм.ССР, т. 53, 1971.

9. Алоян П.Г. Тектонические движения, сейсмо- и остаточные деформации в эпицентральной зоне зангезурских землетрясений 1968 г. Материалы IV респ. конф. молод. научн. работников Армении. Ереван, изд. АН Арм. ССР, 1971.

10. Ананян Э.В. Некоторые черты трещиноватости пород Кафанского брахиантклинория. Изв. АН Арм.ССР, серия "Науки о Земле", № 3, 1966.

11. Асланян А.Т. Тектоника Армянской ССР. "Геология СССР", т. 43, М., изд. "Недра", 1970.

12. Белов А.А. Стратиграфия и структура метаморфизованных и осадочных комплексов зоны Анкавано-Зангезурского разлома в юго-восточной Армении. БМОИП отд. геологии, т.44, (1), 1969.
13. Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники. М., Госгеолтехиздат, 1962.
14. Габриелян А.А. Основные вопросы тектоники Армении. Изд. АН Арм.ССР, 1959.
15. Габриелян А.А. Тектоническая карта Армянской ССР. Изд. АН Арм.ССР, 1968.
16. Гамбурцев Г.А. Избранные труды по сейсмологии. Изд. АН СССР, 1960.
17. Гулумджян О.П. Об обнаружении пермских отложений в Зангезуре (Армянская ССР). ДАН Арм.ССР, т.37, № 5, 1963.
18. Додин А.Л. Геологическое строение и рудоносность Зангезурского района (Армения). Труды ВСЕГРЕИ, вып. 2, 1941.
19. Назаров А.Г., Пирузян С.А., Шахсуварян Л.В. Зангезурские землетрясения 1968 г. ДАН Арм.ССР, т.49, № 2, 1969.
20. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Армянской ССР и прилегающих районов Закавказья. "Геология Арм.ССР", т.1, Ереван, Изд. АН Арм.ССР, 1962.
21. Мкртчян С.С. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Ереван, Изд. АН Арм.ССР, 1958.
22. Рустамов М.И. Новые данные о тектоническом строении южного Зангезура. "Геотектоника", № 2, 1968.

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ
ЗАНГЕЗУРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 9 ИЮНЯ 1968 года

I. Общая характеристика

Юго-восточная часть Армянской ССР является одной из сейсмоактивных областей Армянского нагорья. В армянской историографии имеются данные о сильных разрушительных землетрясениях в Айоц-Дзоре (735, 906 гг.), в Сюнике (1622, 1658 гг.) и др. [1]. Подробно изучено Зангезурское землетрясение 1931 г. [2,3].

9 июня 1968 г. около 5 часов по местному времени в Зангезуре, в районе землетрясения 1931 г., произошло разрушительное землетрясение. Инструментальное определение параметров этого землетрясения по данным сети кавказских сейсмических станций дало следующие результаты: магнитуда M около 5, координаты эпицентра $\varphi = 39,3^{\circ}$ северной широты и $\lambda = 46,1^{\circ}$ восточной долготы, глубина очага $h = 10-15$ км^{*)}.

Обследование последствий землетрясения показало, что наибольшие повреждения и частичные разрушения имели место в населенных пунктах Кафанского района Армянской ССР: Каджаране, Лернадзоре, Кейпашине, Ачати, Аджебадже, Гехи, Чайкенде, Гярде и др., а также в селениях Хурс, Нургют и др. Ордубадского района Нахичеванской АССР. В этих пунктах, наиболее близко расположенных к эпицентру, интенсивность землетрясения доходила до 7 баллов по шкале M_{SK-64} [4]. На отдельных локальных участках вследствие неблагоприятных грунтовых и других условий интенсивность сотрясения доходила до 8 баллов. Сотрясения интенсивностью в 5-6 баллов охватили приблизительно 9,0 тыс. кв. км.

Помимо повреждений зданий и сооружений, землетрясение вызвало также остаточные деформации на поверхности земли. В ущельях рек Вохчи, Гехи, Аджебадж, Гярд и др. образовались небольшие осыпи скальных пород. В эпицентре землетрясения были обнаружены микро- и макротрещины, в большинстве оползневого происхождения с раскрытием 0,3-1,0 м при вертикальном сдвиге 0,3-0,4 м. Кроме этого, была зафиксирована одна крупная, зияющая

*) Данные эти были любезно представлены зав. сейсмической сети ИГИС АН Арм.ССР А.Х.Баграмяном.

трещина в интрузивных скальных породах на правом возвышенном берегу р.Гехи у села Кейпашин (рис.1). Максимальное раскрытие трещины равно 0,3-0,4 м, при длине около 15 м и азимуте СЗ-300°^ж).



Рис. 1. Трещина в скальной породе в эпицентре землетресения.

После главного толчка имели место более 200 афтершоков с интенсивностью, доходящей в некоторых случаях до 4-6 баллов. Один из них при магнитуде, равной $M=4,9$, произошел 1 сентября 1968 г. в 9 ч.39 мин. по местному времени. Координаты эпицентра этого сильного толчка по инструментальным данным: $\varphi = 39,2^{\circ}$; $\lambda = 46,0^{\circ}$. Глубина очага оценивается в 5-6 км. По предварительным макросейсмическим данным его эпицентр находился несколько восточнее эпицентра главного толчка. Описанные выше трещины в грунтах эпицентральной области при этом толчке расширились, удлинились, и вместе с этим образовались новые трещины отрыва в деллювиальных отложениях. В плейстосейстовой зоне,

^ж Трещина была обнаружена и документирована 21 июня 1968 г. С.А.Пирузяном и Д.Н.Рустановичем. В последующем П.Г.Алоянсом произведено детальное изучение остаточных деформаций на поверхности земли в эпицентральной зоне сильного повторного толчка 1 сентября 1968 г.

в том числе и в г.Каджаране, интенсивность толчка проявилась силой около 8 баллов. В ущельях рек Вохчи, Гярд и др. произошли обвалы и осыпи больших масс горных пород, закрывшие шоссе-ные дороги (рис.2).



Рис. 2. Осыпь горных пород на магистральном шоссе Кафан - Каджаран

В результате полевого обследования последствий зангезурских землетрясений 1968 года был собран большой фактический материал, позволяющий оценить балльность двух наиболее сильных толчков ^{*)}.

В эпицентральной области землетрясений имелись здания трех типов - А, Б, В, выделяемые по шкале MSK-64, в соответствии с конструктивным решением и примененным строительным материалом.

В обследованном районе к зданиям типа А можно отнести дома с несущими стенами из бутовой кладки. В населенных пунктах Ге-хи, Чайкенд, Гярд, Каджаран и др. почти все дома такого типа при первом землетрясении получили сильные повреждения. На стенах появились большие трещины, иногда сквозные, обрушились дымовые трубы. Некоторые дома частично разрушились. После второго землетрясения в домах этого типа наблюдались проломы в стенах, а иногда обрушение отдельных частей (рис. 3).

^{*)} В обследовании принимали участие сейсмологические экспедиции Института геологии АН Азерб. ССР, ИГИС АН Арм.ССР, АИСМ Госстрой Арм. ССР, ИФЗ АН СССР, ТИССС АН Тадж. ССР.



Рис. 3. Обрушение стен оутовой кладки

К зданиям типа Б отнесены дома, возведенные из кладки "мидис" или комбинированной бутовой кладки без антисейсмических мероприятий. В упомянутых пунктах после первого землетрясения эти дома получили небольшие трещины в стенах, отколы больших кусков штукатурки, наблюдалось частичное обрушение дымовых труб (рис. 4).

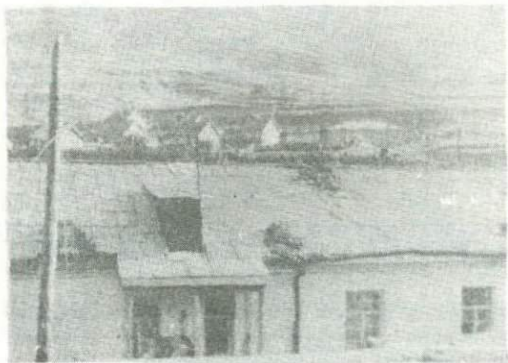


Рис. 4. Обрушение дымовых труб

В Каджаране здания типа В (каркасные железобетонные и деревянные дома) получили легкие повреждения – небольшие трещины в штукатурке при первом землетрясении и умеренные повреждения при втором.

Максимальную интенсивность землетрясений 9 июня и 1 сентября 1968 г. в эпицентральной зоне на основе поведения указанных выше типа домов, а также остаточных деформаций в грунтах согласно шкале MSK-64 можно оценить соответственно в 7 и около 8 баллов. Аналогичным способом была оценена интенсивность проявления землетрясений в 5 и 6 баллов на остальной части потрясенной площади.

В результате анализа собранного макросейсмического материала была построена карта изосейст землетрясения 9 июня ^ж) (рис. 5). Пунктирной линией показано примерное распределение максимальной интенсивности (около 8 баллов) сотрясения при толчке 1 сентября 1968 г.

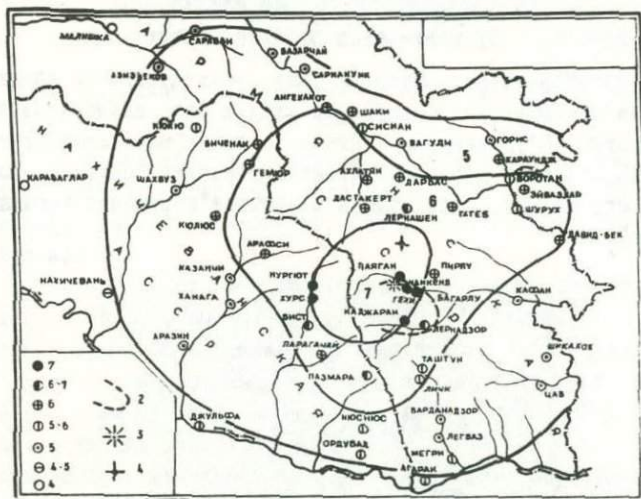


Рис. 5. Карта изосейст Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.,

1 – интенсивности в баллах (от 4 до 7); 2 – контуры 8-балльной зоны при толчке 1 сентября 1968 г.; 3 – макросейсмический эпицентр; 4 – инструментальный эпицентр.

^ж) По соседним районам Азербайджанской ССР были использованы материалы, любезно предоставленные Ф.Т.Кулиевым, А.С. Кулиевым и З.З.Султановой.

Как видно из схемы, эпицентр землетрясения 9 июня 1968 г., определенный по макросейсмическим признакам и в основном по изменениям в рельефе местности, находится около пункта с географическими координатами $\psi = 39^{\circ}2$ и $\lambda = 46^{\circ}1$, т.е. в 8-9 км южнее инструментального эпицентра. Это - небольшое расхождение.

Следует указать, что при обоих описанных толчках наиболее сильно пострадал г.Каджаран. В самом эпицентре интенсивность сотрясения была несколько слабее, чем в Каджаране. Не исключена возможность, что чашеобразная структура местности с одним узким выходом в виде ущелья способствовала накоплению сейсмической энергии.

Наблюдалось также влияние форм рельефа на величину сейсмической интенсивности. Интенсивность сотрясения оказалась больше на бортах ущелья р.Охчи, ориентированного приблизительно перпендикулярно к сейсмическому лучу (пункты Каджаран, Лерна - дзор), по сравнению с сейсмическим эффектом на бортах ущелья р.Геги, ориентированного приблизительно вдоль сейсмического луча (пункты Кейпашин, Геги, Чайкенд и др.). Если учесть, что эпицентральное расстояние для первых пунктов приблизительно в 2-3 раза превышает таковое для вторых, то можно говорить о существенном увеличении интенсивности землетрясения, доходящей по крайней мере до одного балла на склонах ущелий или на обрывах, вытянутых в перпендикулярном по отношению к сейсмическому лучу направлениях. Аналогичный результат был получен ранее по данным обработки инструментальных наблюдений [5].

В г.Каджаране был зафиксирован эффект приращения сейсмической интенсивности в зависимости от грунтовых условий и типов сооружений. Например, оказалось, что степень повреждений одно - двухэтажных каменных сооружений, возведенных на скальном основании, больше примерно на один балл по сравнению с мягкими грунтами (современный аллювий, глинистый делювий).

Сейсмо тектоническая обстановка зангезурских землетрясений 1931 и 1968 гг. в общем виде характеризуется следующими данными. Эпицентры этих землетрясений находятся в зоне известного регионального Дебаклинского (Таштунского) разлома, являющегося юго-западным ответвлением Анкаван-Сюникского глубинного раскола общекавказского направления [6].

По имеющимся данным, в районе эпицентра землетрясения 9

июня 1968 г. имеет место пересечение названного Дебаклинского разлома с региональным и местными молодыми разрывными нарушениями, проходящими в близширотном и антикавказском направлениях. В частности, поперечные разломы наблюдаются в ущельях рек Гярд, Аджерадж и др. Таким образом, подтверждается наблюдаемая для юго-западной части Арм. ССР закономерность локализации очагов значительных землетрясений в местах пересечений зон разрывных нарушений общекавказского и поперечного направлений [7, 8].

2. Инженерное обследование последствий землетрясения

Для анализа поведения различных типов зданий и сооружений с точки зрения их сейсмостойкости при Зангезурском землетрясении целесообразно пользоваться материалами инженерного обследования г.Каджарана и близлежащих к нему сел, поскольку, во-первых, землетрясение проявилось здесь с наибольшей силой и, во-вторых, город застроен почти всеми основными типами зданий жилого и общественного назначения:

1. Дома с несущими стенами бутовой кладки в один, два и три этажа.

2. Дома смешанной конструкции, т.е. не имеющие единого конструктивного решения (частичный каркас, совмещенный со стенами разных систем кладок и материалов и др.).

3. Дома с первым каменным и вторым деревянным этажами.

4. Каменные дома в 2-5 этажей, возведенные из туфовой кладки системы "мидис".

5. Двухэтажные деревянные щитовые и одноэтажные дома финского типа.

6. Железобетонные каркасные дома в 5-6 этажей.

Изложение материала об этих типах зданий производится в соответствии со степенью полученных ими повреждений.

Дома с несущими стенами из бутовой кладки. В кладке стен таких домов был использован местный бутовый камень - монцитит и порфирит, которые дают недостаточное сцепление с раствором.

В кладке стен толщиной 0,6 и более метров часто был использован известковый или смешанный раствор с малым количеством цемента, обеспечивающий прочность на сжатие не более 6-7 кг/см². Естественно, что предел прочности кладки из такого

камня и раствора не мог быть высоким.

Все здания, независимо от этажности, имели деревянные междуэтажные перекрытия и покрытия. Неправильные планировочные решения, отсутствие элементарных антисейсмических мероприятий при низкой прочности кладки и большой толщине стен, вызывающей значительные инерционные нагрузки, создали тяжелые условия для работы кладки (рис. 6). Сейсмостойкость зданий со стенами из бутовой кладки, расположенных, в частности, на территории рудничного поселка Каджарана, была значительно снижена из-за ослабления стен и накопления в них мелких повреждений в результате частых взрывов производственного назначения, вызывающих сотрясения силой 3-4 балла. Такие дома, по сравнению с остальными всеми перечисленными типами домов, как и следовало ожидать, при интенсивности землетрясений в 7-8 баллов повреждались больше всего. Трещины, иногда сквозные, развиваясь во всех направлениях, раскрывались до 0,5-1,0 см и покрывали стены сплошной сеткой (рис. 7).



Рис. 6. Расслоение и обвал части стены из бутовой кладки

Особенно большие повреждения эти дома получили в углах, в пересечениях и примыканиях стен, а в некоторых случаях происходило смещение и отделение стен друг от друга. В этих домах, уже во время первого землетрясения 9 июня, имевшего 7-балльную интенсивность, наблюдалось массовое повреждение кладки стен в виде диагональных трещин как в простенках, так и в перемычечных и подоконных частях. Дома, которые имели фронтоны, получи-

ли очень характерные для работы вертикальной консоли горизонтальные трещины на уровне низа выступающей части. Наблюдалось массовое обрушение и повреждение карнизов, парапетов. Кстати, все дымовые трубы, выложенные из кирпича, были разрушены с основания.



Рис. 7. Характерная X-образная трещина в простенке

При первом толчке большинство зданий с несущими стенами из бутовой кладки получили большие повреждения. Появившиеся многочисленные трещины в кладке стен, а также расшатывание деревянных перекрытий как бы искусственным образом увеличили гибкость этих зданий, что помогло многим таким зданиям противостоять более сильному толчку, происшедшему 1 сентября, и не обрушиться.

В целом, после обоих толчков (9 июня и 1 сентября) повреждения зданий со стенами из бутовой кладки привели их в опасное и непригодное для дальнейшей эксплуатации состояние. Возможные усиления конструкций этих зданий, в частности для 2 и 3-этажных зданий, с одной стороны, не могли привести к требуемому эффекту, а с другой стороны, не оправданы ни техни-

чески, ни экономически. Это стало основой для решения Государственной комиссии о сношении большинства имеющихся в г. Каджаране жилых домов со стенами, возведенными из бутовой кладки.

Надо отметить, что данное решение о домах со стенами из бутовой кладки не было механически распространено на все виды зданий и сооружений. Имелись случаи, когда восстановление и дальнейшая эксплуатация здания со стенами из бутовой кладки стали возможным, что и было рекомендовано.

Из бутовой кладки в Каджаране возведены и некоторые неотвественные производственные объекты. Ясно, что и они не избежали значительных повреждений. Однако некоторые из них, в частности те, где имеется малое количество обслуживающего персонала, могли быть восстановлены, усилены и сохранены для дальнейшей эксплуатации. Одним из таких примеров может служить механический цех треста "Каджаранстрой", представляющий собой в плане прямоугольное сооружение, перекрытое деревянными сегментными фермами. Две несущие продольные стены, воспринимающие распор ферм, имели бутобетонные контрфорсы, которые после землетрясения 9 июня пришли в рухлое состояние, а толчок 1 сентября вызвал в большинстве из них разрушения. При замене вышедших из строя бутобетонных контрфорсов железобетонными цех может эксплуатироваться. В аналогичном состоянии находились столбчатый цех и здание механического цеха СМУ. Оба сооружения также могли быть эксплуатированы после устранения повреждений и усиления конструкции.

Как было отмечено выше, обследовались также дома и в близлежащих к Каджарану селах. Основным видом строений в этих селах были одноэтажные, редко двухэтажные, индивидуальные дома с деревянным перекрытием, построенные из рваного бута на глиняно-известковом растворе. Здесь такая же картина. Ничтожная прочность раствора с абсолютно недостаточным сцеплением раствора с камнем, отсутствие связей в угловых частях стен, слабая связь перекрытий со стенами, а в некоторых случаях неправильное конструирование и возведение стен, при полном отсутствии антисейсмических мероприятий, привели к тому, что все эти постройки как от первого, так и от второго землетрясения получили большие повреждения. Бутовая кладка с раствором низкой прочности не обеспечила надлежащей связи между стенами и поэтому в не-

которых сооружениях наблюдалось явление отрыва поперечных стен от продольных, разрушение углов и целых стен. Как продольные, так и поперечные стены были покрыты густо расположенными трещинами, почти независимо от ориентации их в отношении направления главного толчка.

Обобщая вышеприведенное, приходим к выводу, что основными причинами повреждений и разрушений домов с несущими стенами из бутовой кладки в данном случае являются следующие факторы: толстые стены из тяжелого бута, вызывающие большие инерционные нагрузки при малой прочности применяемого раствора и совершенной недостаточности сцепления камня с раствором; полное отсутствие минимальных антисейсмических мероприятий; неправильное конструирование и технология возведения стен; снижение стойкости зданий в результате частых взрывов, производимых на карьерах и др. Низкая сейсмостойкость домов из бутовой кладки была выявлена и при землетрясениях меньшей интенсивности, происшедших в недавнем прошлом [9,10].

Дома со смешанными конструкциями стен. В Каджаране встречались, правда в малом количестве, двухэтажные дома со смешанным конструктивным решением. В них имелись два не связанных между собой внутренних каркаса. Деревянное перекрытие опиралось на каркас и на несущие каменные стены из кладки системы "мидис". Наружные несущие стены связаны с двумя независимыми друг от друга каркасами деревянным перекрытием. Недостаточность этой связи и явно неудачное в отношении сейсмостойкости конструктивное решение таких сооружений полностью проявились во время землетрясения. Туфовые заполнения рам полностью вышли из строя. В средней поперечной капитальной стене появились большие диагональные трещины, а в торцовых стенах — горизонтальные трещины на уровне перекрытия. В целом такие здания получили сильные повреждения и подлежат сносу.

Однако здания такого типа, но с более удачным расположением конструкций из разных материалов, получили сравнительно меньшее повреждение. К числу таких, например, относится здание клуба рабочих, имеющее смешанную конструкцию. В средней части оно решено в железобетонном каркасе с монолитным междуэтажным перекрытием. Демонстрационный зал перекрыт деревянными фермами, а остальная часть — балками. Стены возведены из местного камня монцонита. Кладка — бутовая. Как и все дома сме-

шанной конструкции, здание клуба получило характерные для этих сооружений, но в несколько меньшем количестве повреждения, которые проявились лишь после землетрясения 1 сентября. В частности, в стенах бутовой кладки появились многочисленные трещины. Но здесь железобетонная часть как бы стала поддерживающей конструкцией, помогающей внутренней продольной стене. Поэтому в последней трещин оказалось меньше, чем в наружной стене.

Все перегородки были покрыты широкими трещинами. Деревянное перекрытие не обеспечило достаточной связи несущей торцовой стены с каркасом, в результате чего последняя несколько отшла и в перекрытии у самой стены образовалась сквозная трещина. Как и во всех сооружениях подобного типа, повреждения, полученные зданием клуба после первого землетрясения, несколько увеличились в результате землетрясения 1 сентября.

Встречались также двухэтажные дома со стенами из разных материалов и кладок. Часто наружные стены кладки "мидис" были выполнены из туфа, а внутренние - бутовой кладки из монцонита. Как правило, такие дома очень плохо перенесли землетрясения. Стены из разных материалов полностью отделялись друг от друга. Помимо разной жесткости, разная система кладок не дала возможности обеспечить необходимой между ними связи. Другим серьезным недостатком сооружений со стенами из разных материалов явилось то, что в них имело место большое несовпадение центра тяжести с центром жесткости, в результате чего возникающие в таких случаях крутильные колебания вызывали большие касательные напряжения в кладке, послужившие причиной повреждений. Неудивительно, что указанные типы зданий одинаково плохо перенесли оба землетрясения, ибо при их возведении уже нарушены были основные принципы сейсмостойкого строительства. Все дома подобной конструкции в скором времени после землетрясения были снесены.

Дома с первым каменным и вторым деревянным этажами. В поселке Шабудино, входящем в административные границы Каджарана, находились дома комбинированного типа, а именно: с каменным первым и деревянным вторым этажами. Стены первых этажей были возведены из бутовой кладки монцонитовым или порфиритовым камнем. Вторые этажи были собраны из деревянных каркасных щитов, обштукатуренных с наружной стороны (внутренняя сторона осущест-

влена на сухой штукатурке). Деревянное междуэтажное перекрытие опиралось на несущие стены бутовой кладки. Перегородки на первом и втором этажах — деревянные, с сухой штукатуркой.

Вторые этажи упомянутых домов получили значительные повреждения, выразившиеся сеткой трещин на наружной штукатурке. Это обусловлено тем, что деревянные стеновые щиты во время землетрясения перекошились и доски обшивки получили незначительные смещения. Вследствие податливости связей сухой штукатурки со щитами смещение последних и их элементов — досок не вызвало заметных трещин в них. Легкие повреждения получили стены первого этажа (в кладке появились тонкие трещины).

Однако после второго землетрясения эти дома получили значительные повреждения в основном в части бутовой кладки стен первого этажа. Вряд ли есть необходимость останавливаться на причинах повреждения, поскольку речь о бутовых кладках шла выше. Здесь лишь придется констатировать тот факт, что хотя и принцип решения схемы этих домов (легкий второй этаж) не идет в разрез с требованиями сейсмостойкого строительства, тем не менее последние получались несейсмостойкими вследствие отсутствия необходимой прочности стен первых этажей. Учитывая опыт поведения этих домов, при возведении подобных зданий необходимо уделять особое внимание конструкциям стен первого этажа.

Каменные многоэтажные здания. Здания этого типа с этажностью от двух до пяти построены из туфовой кладки системы "мидис". Перекрытия железобетонные из сборных многопустотных панелей. Антисейсмические мероприятия приняты из расчета 8 баллов. Туф, как строительный материал, обладает специфичными физико-механическими свойствами. Вследствие этих свойств поверхности стен из чистотесаных туфовых камней способны часто "скрывать" повреждения. Однако гашевая штукатурка внутренних поверхностей стен, наоборот, позволяет выявлять даже мелкие повреждения. Этот фактор в туфовых стенах выражается настолько определенно, что у исследователей, незнакомых со свойствами туфа, создается неверное представление о степени повреждения здания. Именно такое впечатление часто создавалось при наружном осмотре зданий и сооружений, возведенных из туфа. Наглядным примером может служить четырехэтажное здание школы имени Чаренца, в котором при наружном осмотре пос-

де обоих землетрясений не было обнаружено каких-либо серьезных повреждений, тогда как в самом деле здание находилось в катастрофическом состоянии. В обоих торцовых стенах, в лестничных клетках по высоте всех 4 этажей протянулись трещины с шириной раскрытия до 1,0-1,5 см (рис.8). Лишь тщательное обследование наружной поверхности стен позволило найти слабые следы указанных трещин на одной из стен. Все внутренние капитальные стены были покрыты сквозными косыми и горизонтальными трещинами. Продольные и поперечные несущие стены в углах получили большие повреждения. Некоторые простенки покрылись сквозными диагональными трещинами. Во всех простенках помещения зрительного зала на IV этаже появились горизонтальные сквозные трещины со смещением простенка на 2-3 см в верхней своей части. Перегородки, особенно в первых двух этажах, полностью были оторваны от стен и перекрытий. Штукатурка обвалилась почти во всех помещениях с больших участков потолка, а также со стен. В перекрытиях наблюдались трещины в швах между панелями, являющиеся явным результатом незамоноличивания панелей.

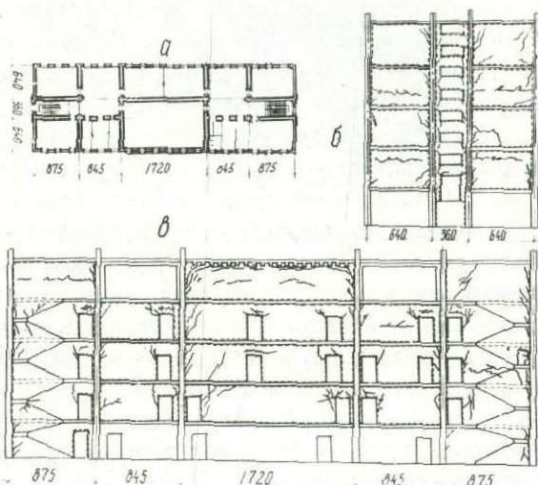


Рис.8. Здание школы на 920 учащихся:

а - план; б - поперечный разрез у торцевой стены; в-продольный разрез через зал (вторые линии на плане показывают участки, требующие усиления).

Здание рассмотренной школы, построенное в 1967 г., т.е. за год до землетрясения, имело в плане прямоугольную форму с размерами 14,8x41,0 м. Развитые поперечные и продольные стены, вместе с железобетонными перекрытиями, создавали все необходимые условия для сейсмостойкости здания. Однако, как мы видели, здание получило наибольшие повреждения по сравнению с остальными каменными зданиями средней этажности. Подробный анализ обследования показал, что основной причиной повреждения оказалась недопозволенной степени низкая прочность примененного в кладке раствора ($3-4 \text{ кг/см}^2$) и неправильная технология возведения мидисовых стен, заключающаяся в неполном заполнении раствором среднего слоя кладки стен. Мидисовая кладка в подобном случае работает как многослойная, состоящая из трех отдельных слоев. При этом внутренний слой, вследствие наличия многих пустот, имеет ничтожную прочность.

Неудивительно, что одноэтажное прямоугольное в плане здание спортивного зала, находящееся тут же во дворе школы, также получило большие повреждения. Здесь также кладка стен, вследствие своей низкой прочности, не могла оказать достаточную сопротивляемость динамической нагрузке и получила многочисленные трещины, приведшие ее в предельное состояние. Наличие мощного монолитного железобетонного часто-ребристого перекрытия не спасло положения и здание зала пришло в непригодное для эксплуатации состояние.

Как видно из приведенных двух примеров, здания (четырёхэтажной школы и одноэтажного зала), имеющие различные динамические характеристики, получили одинаковой степени повреждения. Причину этого, в данном случае, вряд ли можно искать в спектре сейсмического воздействия, несмотря на то, что этот фактор имеет важное значение. Плохое качество кладки стен, приводящее к низкой прочности, оказалось предопределяющим и основным фактором больших повреждений.

Качество строительных работ и во многих других случаях стало причиной появления серьезных повреждений в зданиях. Одним из конкретных примеров может служить двухэтажное здание поликлиники, которое уже после первого толчка получило значительные повреждения (рис. 9). Стены из туфовых камней, выложенные по системе "мидис", покрылись трещинами. В некоторых местах продольные стены отделились от поперечных. Подоб-

ные повреждения, наблюдавшиеся и в некоторых других зданиях (3-4-этажные), привели к заключению, что применяемые методы неправильного армирования углов и пересечений кладки стен металлическими сетками из проволок диаметром 3-4 мм, при этом с небольшим углублением в участках стен от места пересечения или примыкания, являются малоэффективными (рис. 10 и 11).

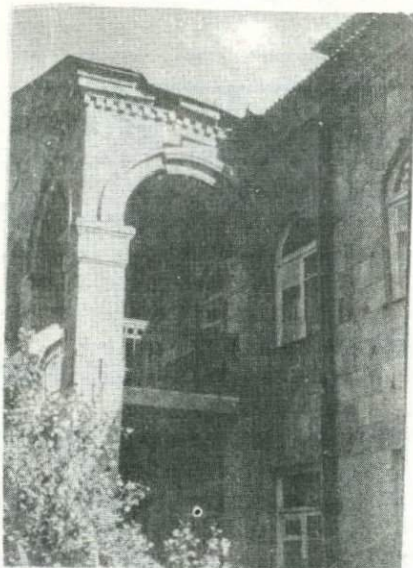


Рис. 9. Здание поликлиники.

Большие повреждения, в основном в первых этажах, получили жилые 4-5 этажные дома правобережной части города, в поселке Аралих. В этих стоящих на косогоре с большим уклоном домах перекрытия некоторых квартир на первых этажах, возведенных на насыпном грунте, осели, в результате чего перегородки опрокинулись. Водопроводные и канализационные трубы вышли из строя. Особенно заметные трещины появились в углах зданий, они проявились и с наружной стороны. В некоторых других зданиях в кладке стен у углов оконных и дверных проемов возникли большие деформации, в результате чего наблюдалось явление откола и разлома туфовых камней. В большинстве случаев трещины с наружных сторон туфовых стен проходили по штрабе, однако вместе с этим имелись такие случаи, когда камни растрескались

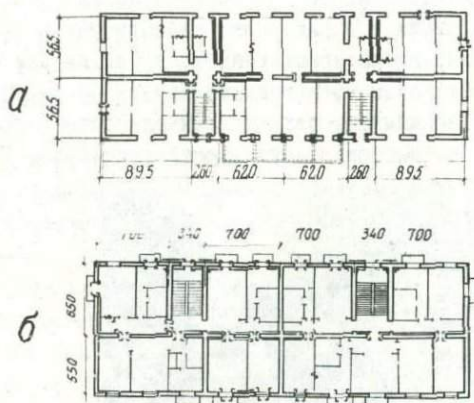


Рис. 10. Планы жилых зданий:

а) 32-квартирного, по улице Ханджяна; б) 21-квартирного по ул. Манушяна.

(рис. 12). В отдельных случаях сильные повреждения получили цокольные части каменных 4-5-этажных зданий. Начавшиеся здесь трещины продолжались и в фундаментной части здания. Все эти повреждения, в основном возникшие после первого землетрясения, значительно увеличились при втором землетрясении.

Повреждения, появившиеся в описанных 4-5-этажных домах, имеющих одинаковые конструктивные схемы и находящихся в одинаковых геологических и грунтовых условиях, явились результатом неудачно выбранных участков строительства. Сильный уклон косогора, местами доходящий до 20 и более процентов, и слабые грунты оснований привели к остаточным деформациям почвы. Кроме того, большое заглубление фундаментов дворовой части стен и меньшее под фасадные стены, заполнение засыпкой подполья лишь в передней части здания, создающее с внутренней стороны отпор на цокольную часть стен, и, наконец, отсутствие железобетонных перекрытий (поды были устроены на засыпке) в этих зданиях послужили основной причиной появившихся повреждений в мидисовой кладке стен.

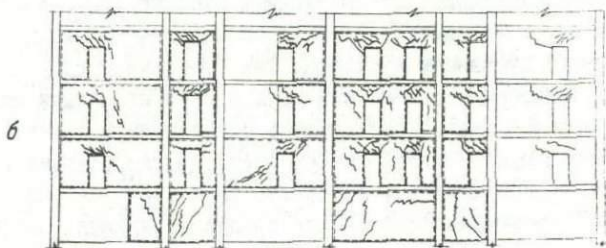
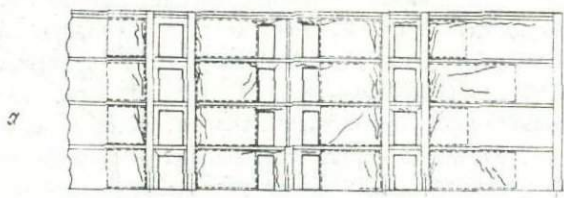


Рис. II. Продольные разрезы:
а) 32-квартирного дома; б) 21-квартирного дома.

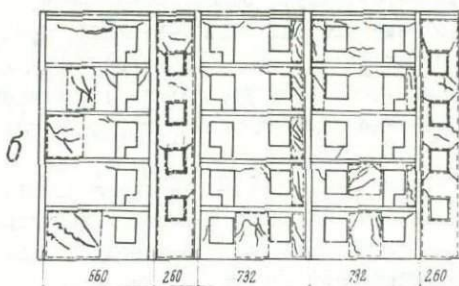
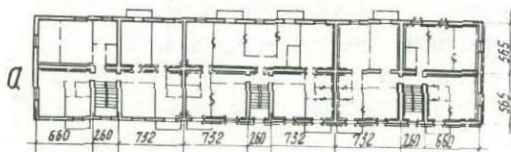


Рис. I2. 40-квартирное жилое здание по ул. Ленина:
а - план типового этажа; б - продольный разрез.

У одной группы жилых 5-этажных зданий, находившихся на левобережном участке города на сравнительно спокойном рельефе, также появились повреждения в виде косых и горизонтальных трещин. При этом нетрудно было заметить, что получили сравнительно больше повреждений стены, независимо от того, продольные они или поперечные, расположенные вдоль направления основного сейсмического толчка (С-Ю). В этих зданиях степень повреждения стен заметно уменьшилась с нижних этажей к верхним.

В результате подробного осмотра и изучения фактического материала установлено, что в зданиях этой группы повреждения возникли из-за некачественного производства строительных работ и низкой прочности раствора. Так, например, без большого труда, удалением одного или двух камней из кладки стен некоторых зданий, удалось обнаружить отсутствие заливки в средней части кладки "мидис". В некоторых других случаях хотя заливка и была произведена, прочность раствора не превышала 8-10 кг/см², тогда как по проекту предусматривался раствор М-25. Вследствие несоблюдения правил технологии возведения стен в отношении использования требуемой консистенции и марки раствора, прочность кладки оказалась очень низкой и поэтому в сравнительно напряженных участках стен появились заметные трещины. Этому, по-видимому, способствовал и тот фактор, что сборные междуэтажные перекрытия из пустотелых железобетонных панелей во всех этих зданиях были осуществлены без замоноличивания. Стало быть, работа перекрытий как горизонтального жесткого диска, распределяющего сейсмическую нагрузку между стенами, не была обеспечена. Повреждения у этой группы зданий на фоне некачественного производства строительных работ, по-видимому, частично обуславливаются и тем, что они были 5-этажные. При этом напряжения в стенах первых этажей от вертикальных нагрузок при низкой прочности кладки оказались уже довольно ощутимыми и, следовательно, дополнительные сейсмические нагрузки вызвали повреждения.

В этой связи уместно остановиться на одном факте. Поперечные торцевые самонесущие стены в 6-этажных каркасных жилых зданиях, а также в цехах обогатительного комбината высотой 18-22 м не получили никаких повреждений. Будучи в направлении, совпадающем с направлением главного толчка, упомянутые все стены должны были работать на сдвиг и могли быть повреждены. Однако

это не имело места, что, по-видимому, можно объяснить ненагруженностью этих стен перекрытиями, т.е. существенно малым напряжением от вертикальных нагрузок по сравнению с таковыми в стенах жилых 5-этажных зданий, а частично и качественной кладкой стен.

Как видно из приведенных примеров, каменные здания во многих случаях получили значительные повреждения, однако следует отметить, что среди них были и здания довольно хорошо перенесшие оба землетрясения. К таким зданиям, например, можно отнести несколько жилых 4-этажных зданий в поселке Каджаран, построенных в последние годы. По своему конструктивному решению они мало отличались от остальных типовых серий. Продольные несущие и торцевые стены осуществлены из арктического туфа на кладке системы "мидис", толщиной 50 см, поперечные стены из крупных бетонных пустотелых блоков толщиной 27 см и высотой на этаж. По верху последних проходит железобетонный пояс. Перекрытия, как и в других каменных зданиях, сборные, из пустотелых железобетонных панелей.

Детальный осмотр показал, что эти здания перенесли землетрясения почти без повреждений, если не считать, что на штукатурке в местах примыкания блоков поперечных стен появились волосяные вертикальные трещины. Последние вследствие своей незначительности не могли привести к снижению сейсмостойкости зданий. Следует также указать, что упомянутые здания находились на косогорном участке. Стало быть, цельность их нельзя отнести к хорошим геологическим условиям. Остается предположить, что хорошая работа этих зданий обуславливалась удовлетворительным качеством строительных работ, в частности, кладки стен, что обеспечило необходимую их прочность. Нужно отметить, что осуществление внутренних поперечных стен из пустотелых крупных блоков при наличии железобетонного антисейсмического пояса, хорошо связывающего поперечные и продольные стены, не отражалось на общей работе здания (эти стены также стояли параллельно направлению главного толчка). Стало быть, применение крупных блоков в строительстве жилых зданий средней этажности при правильном конструировании может отвечать требованиям сейсмостойкого строительства.

Интересно остановиться еще на одном примере 4-этажного

здания общежития комбината, хорошо перенесшего землетрясение. Здание сдано в эксплуатацию в 1967 году. Конструктивное решение этого здания отличается от предыдущих. Оно решено поперечными несущими стенами, с шагом 6 м. Две наружные продольные стены являются самонесущими. Наличие основных антисейсмических мероприятий и раствора удовлетворительного качества при упомянутом конструктивном решении здания обеспечили последнему необходимую степень сейсмостойкости. Этому способствовал также удачно выбранный участок строительства на естественной горизонтальной площадке. Результатом сочетания этих положительных факторов явилась сохранность здания. Единственным поврежденным узлом оказался простенок продольной фасадной стены на первом этаже, в котором появилась небольшая косая трещина.

Конечно, трудно на основе лишь одного примера сделать выводы. Но тем не менее можно отметить, что конструктивное решение по поперечной схеме является удачным в отношении увеличения сейсмостойкости здания при других равных условиях.

Остановимся коротко на зданиях общественного назначения. Среди последних, осуществленных из стен кладки "мидис", как и у жилых зданий, некоторые получили значительные повреждения в силу неполного соблюдения требований сейсмостойкого строительства, с одной стороны, и некачественного производства работ - с другой. Примером может служить здание второго корпуса строительного техникума, находящегося в поселке Каджаран. Это двухэтажное здание, имеющее в плане прямоугольную форму с размерами примерно 15x18 м, было построено в 1963 г. Стены толщиной 50 см выложены из кладки "мидис". Два междуэтажных и чердачное перекрытия железобетонные из пустотелых панелей. Низкая прочность применяемого в кладке раствора, при этом частью пластичной консистенции, вместе с полным отсутствием замаскирования сборных перекрытий, создали последним возможность сработать в роли жестких дисков, поставив стены, тем самым, в трудные условия работы на горизонтальные силы, вызвав в них горизонтальные трещины. Последние распространились по всему наружному периметру на уровне низа перемычек первого и второго этажей. В результате повторных толчков здание пришло в сильно поврежденное состояние и дальнейшая эксплуатация стала возможной лишь после тщательного усиления.

Сильные повреждения получили стены гостиницы (рис.13), которая представляет из себя не особенно удачно спроектированное с точки зрения сейсмостойкости двухэтажное Г-образное в плане здание, переходящее в три этажа во втором крыле. Деревянные, имеющие значительную гибкость междуэтажные перекрытия, при наличии не особенно высокой прочности кладки стен, осуществленных арктическим туфом по системе "мидис", толщиной 50 см, не могли оказать необходимую сопротивляемость, особенно, во время второго сильного толчка, и в углах, а также пересечениях стен здания появились косые горизонтальные сквозные трещины. Они появились и в местах опирания балок перекрытия на стены. Неудачный по рельефу участок, ставший причиной неодинаковой высоты двух крыльев здания, усилил сейсмическое воздействие, тем самым, повредив кладку парапета и выступающий карниз.

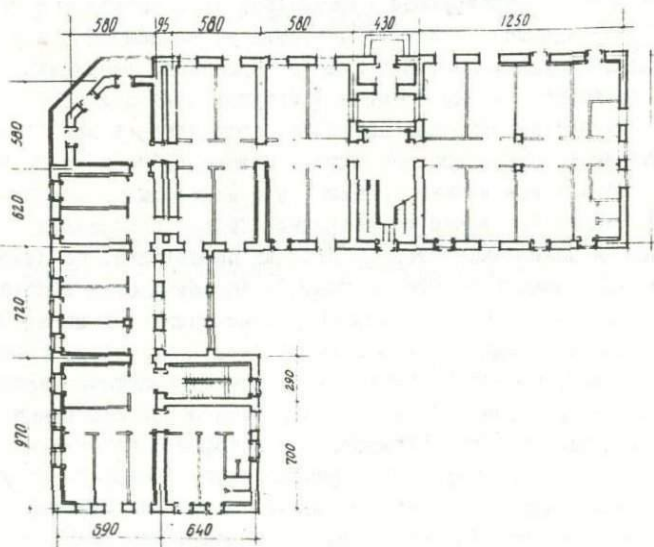


Рис. 13. План второго этажа гостиницы (усиляемые участки показаны вторыми линиями)

Находящееся напротив гостиницы двухэтажное здание Городского совета, построенное из арктического туфа кладки "мидис",

также пострадало, но несколько в меньшей степени. Повреждения в виде нешироких трещин в кладке стен, появившиеся во время первого толчка, усилились при толчке I сентября, при этом трещины расширились и увеличились по длине. Несмотря на то, что оба эти здания по качеству выполнения строительных работ почти одинаковы и построены приблизительно в одно и то же время, тем не менее повреждений в последнем оказалось намного меньше. Наличие внутреннего железобетонного каркаса, прямоугольная форма в плане, одинаковая высота по всему периметру способствовали тому, что здание Горсовета сравнительно лучше противостояло землетрясениям.

Остановимся еще на двух примерах. Дворец культуры и ресторан "Гандзасар" в поселке Охчи, которые получили заметные повреждения. Первый из них (рис. 14) имеет несколько сложную форму планировки и включает в себя помещения разных назначений, имеющие разные конструкции (зрительный зал, спортивные залы и др.). Преобладающее количество трещин образовалось в местах примыкания несущих, конструктивно не одинаково решенных элементов, в частности, косые трещины появились в кладке стен лестничных клеток. Аналогичная картина наблюдалась и на стенах, расположенных по обе стороны актового зала. В последнем полностью обвалились лепные карнизы, а в некоторых помещениях (комнаты отдыха), также перегородки. Сильно пострадали два простенка в поперечных стенах, стоящих параллельно по отношению к направлению главного толчка. Из торцевых стен выпало несколько камней. Основной причиной повреждения стен из арктического туфа кладки "мидис" можно считать низкую прочность примененного раствора, не превышающую $8-10 \text{ кг/см}^2$ и, частично, несколько неудачное в целом объемно-планировочное решение здания.

В здании ресторана "Гандзасар", которое находится чуть дальше от Дворца культуры, на противоположной стороне улицы, имеющем два этажа с фасадной стороны и три - со стороны двора, также появились трещины (рис. 15). Однако они здесь по сравнению со зданием дворца оказались в меньшем количестве. В основном получили повреждения высокие простенки дворового фасада, на которых на уровне перемычек появилась сквозная горизонтальная трещина. В двух наружных поперечных стенах, стоящих параллельно направлению толчка, также появились небольшие трещины. Из кладки левой торцевой стены выпало несколько камней. Внутри

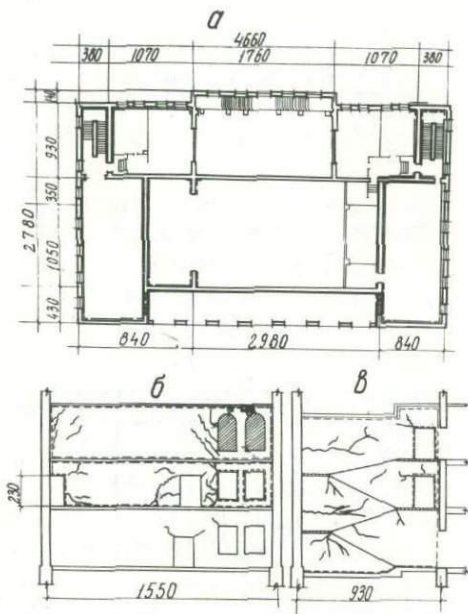


Рис. 14. Здание Дворца культуры

а-план; б - поперечный разрез по торцевому помещению (без лестничной клетки); в - разрез вдоль лестничной клетки

здания во многих местах осыпалась штукатурка, а в углах дверных проемов появились трещины.

Несмотря на неудачное расположение этого здания на косогоре, что привело к равновысотному решению, при наличии большого зала, землетрясение здесь не причинило столь больших повреждений, которые имелись в здании Дворца культуры. Сравнительно лучшее качество кладки в этом случае сыграло свою роль в деле проявления достаточной сопротивляемости против сейсмических воздействий.

Выше мы остановились на нескольких примерах повреждения общественных зданий. Однако среди них имелись и здания разной этажности со стенами из кладки "мидис" (управление комбината,

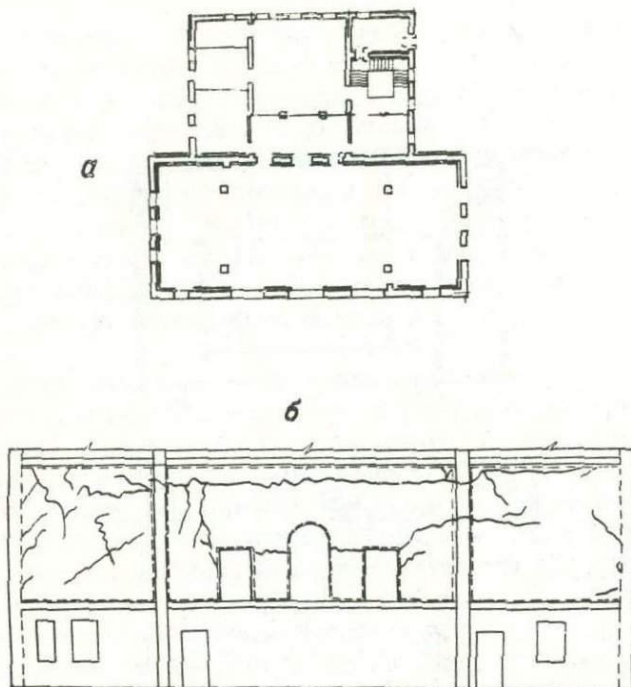


Рис.15. Здание ресторана "Танзасар"
 а - план; б - поперечный разрез у задней
 торцевой стены

АТС и др.), которые довольно хорошо перенесли оба землетрясения, получив лишь легкие повреждения в виде небольших трещин в стенах, а также в проемах.

Поведение каменных зданий средней этажности из кладки системы "мидис" во время сильных землетрясений показывает, что при вооружении зданий антисейсмическими мероприятиями, в соответствии с существующими нормами, они могут оказаться достаточно сейсмостойкими. Важнейшим звеном в этом деле, конечно, является обеспечение требуемого качества строительных работ, в частности, в отношении каменной кладки и сборных железобетонных перекрытий. Типовые проекты многоэтажных каменных зданий, в части армирования, с целью усиления кладки "мидис", а также

замоноличивания железобетонных перекрытий, нуждаются в критическом пересмотре.

Деревянные дома. Они в Каджаране, в основном были расположены в поселке Шабудино. Двухэтажные многоквартирные, собранные из деревянных сборных щитов, а также одноэтажные дома финского типа, в полном соответствии с большой практикой антисейсмического строительства и в данном случае проявили себя сейсмостойкими конструкциями. Эти дома одинаково хорошо перенесли оба сильных толчка зангезурских землетрясений. Двухэтажные жилые дома имели деревянные перекрытия, асбошиферные крыши и наружные оштукатуренные стены. С внутренней стороны была осуществлена сухая штукатурка. Несмотря на тот факт, что обследованные до одного десятка дома в упомянутом районе находятся ближе всех к рудникам и претерпевают ежегодно сотрясения сотен сильных взрывов, они не получили повреждений от землетрясений. Лишь в некоторых домах наружная штукатурка была покрыта сеткой трещин, появившихся в результате перекоса щитов и сдвига досок обшивки. Внутренняя сухая штукатурка перенесла землетрясения без заметных повреждений.

В аналогично удовлетворительном состоянии находились также одноэтажные деревянные дома финского типа, в которых не было обнаружено каких-либо повреждений. В некоторых случаях, особенно после второго сильного толчка, кирпичные печи, имевшиеся в этих домах, отделились от стен и появились мелкие трещины. Недостатком в конструкциях указанных домов являлись цокольные части, осуществленные из монзонитовой бутовой кладки, которая, как и в других случаях, получила значительные повреждения. Расслабленная после первого толчка бутовая кладка цокольных частей этих домов во многих случаях в результате второго толчка местами обрушилась.

Следует заключить, что строительство деревянных домов в сейсмоактивных районах республики, особенно при сложном рельефе местности, может быть широко рекомендовано. При этом желательно отказаться от тяжелых кирпичных печей и от бутовой кладки в цокольных частях. Цокольные части этих домов следует возводить из бетона, бутобетона или из кладки из туфовых камней правильной формы.

Здания с железобетонным каркасом. В последние годы в Каджаране возводятся каркасные здания из монолитного железобетона.

Не излишне отметить, что зарубежный опыт строительства подобных зданий в районах высокой сейсмичности показал их надежность и целесообразность. Каркасные дома хорошо проявили себя во время сильных землетрясений, имевших балльность 7 и более.

В строительной практике нашей страны пока имеется мало данных о поведении каркасных зданий при сильных землетрясениях. На основании обследованных нами во время Ташкентского землетрясения 1966 года нескольких зданий (4–8 этажей), возведенных из монолитного или сборного железобетона, была установлена их хорошая сейсмостойкость. Они оказались без заметных повреждений [II]. С этой точки зрения представляет интерес поведение каркасных зданий, обследованных при данном землетрясении.

Шестиэтажные каркасные здания, возведенные в Каджаране из монолитного железобетона со сборными междуэтажными перекрытиями из круглопустотных панелей, при обоих сильных толчках силой 7 и около 8 баллов показали себя с лучшей стороны.

Монолитный железобетонный каркас в продольном и поперечном направлениях имел шаг колонн, равный 3,2 и 5,6 м. Фундаменты решены также в монолитном железобетонном варианте, где все башмаки соединены между собой железобетонными балками. Торцевые стены облицованы туфовыми плитами, толщиной 4–5 см.

После первого землетрясения ни в одном из обследованных частей зданий не было обнаружено заметных на глаз повреждений. После землетрясения 1 сентября в них появились тонкие трещины в местах примыкания заполнения с каркасом. Незначительные трещины появились также в вертикальных швах вентиляционных блоков. В торцовых стенах не было обнаружено никаких следов повреждений. Заполнение из легкобетонных пустотелых блоков, работая совместно с рамами каркаса, хорошо перенесло сейсмические возведения. Удовлетворительное качество работ при возведении каркаса, повысив надежность совместной работы элементов, обеспечило пространственную работу каркаса при динамических воздействиях. Однако другие строительные работы были выполнены не на должном уровне. Так, например, перегородки не скреплялись с каркасом, а заполнение не армировалось.

Несмотря на указанные недостатки, каркасные дома и здесь, как уже видно из описания, не получили повреждений. Стало быть и данный опыт еще раз доказывает надежность и необходимость массового применения железобетонных каркасов в сейсмоактивных

районах республики. То обстоятельство, что обследованные каркасные дома в Каджаране были возведены из монолитного железобетона, не должно привести к заключению, что дома с каркасом из сборного железобетона поведут себя хуже, о чем имеются суждения в некоторых зарубежных источниках.

3. В ы в о д ы

1. По действующей ныне официальной карте сейсморайонирования СССР Зангезур входит в восьмibalльную зону потенциальной сейсмической опасности [12]. Землетрясение 1968 г. доказало правильность прогностической карты.

2. Зангезурское землетрясение подтвердило полученную ранее для районов Армении и других сейсмоактивных областей закономерность локализации эпицентров сильных и разрушительных землетрясений в узлах пересечений разнонаправленных зон крупных разломов. Оно в данном случае, по-видимому, связано с узлом пересечений Дебаклинского глубинного разлома с региональными и местными разломами близширотного и антикавказского направлений.

3. На бортах ущелий и на обрывах, простирающихся вкрест или близко к нему направлениях по отношению к сейсмическому лучу, интенсивность сотрясения в общем увеличивается на один балл по отношению к подобным типам рельефа, ориентированным, при данном землетрясении, вдоль распространения приходящих сейсмических волн.

Скальные породы, являющиеся в общем надежным основанием сооружений, при сейсмическом воздействии приводят к увеличению сейсмического эффекта для жестких сооружений и местных неглубоких землетрясений. Поэтому при проведении сейсмического микрорайонирования этого важного подспорья сейсмостойкого строительства крайне необходимо располагать кондиционными сейсмогеотектоническими данными, достаточными для суждения о месторасположении потенциальных очагов сильных и разрушительных землетрясений.

4. Анализ поведения жилых и общественных зданий при сильных землетрясениях показал, что одной из основных причин повреждений явилось низкое качество строительных работ и особенно каменных работ (неполная заливка при кладке "мидис", применение залежавшихся растворов и запыленных камней, неплотная укладка

бетона как в монолите, так и в сборных изделиях, отсутствие арматуры в каменной кладке, поясах и даже ж/б элементах и др.).

5. Причиной большинства существенных повреждений служили нарушения норм сейсмостойкого строительства. Наиболее массовыми нарушениями явились: отсутствие замоноличивания сборных ж/б пустотелых панелей перекрытий, отсутствие связи перекрытия со стенами, отсутствие требуемой связи в примыканиях и пересечениях стен, а также необходимой армировки кладки.

6. Наибольшие повреждения претерпели здания с несущими стенами из бутовой кладки, не обладающей достаточным сцеплением местного камня с раствором. Здания из кладки системы "мидис", построенные в соответствии с требованиями норм сейсмостойкого строительства, при надлежащем качестве работ, показали себя достаточно сейсмостойкими. Железобетонные каркасные здания, а также деревянные одно-двухэтажные дома в основном выдержали землетрясение без повреждений.

7. В сейсмоактивных районах республики дальнейшую застройку необходимо осуществлять в первую очередь каркасными зданиями обычной, а также повышенной этажности. При этом предпочтение следует давать каркасам из монолитного железобетона. Сборные железобетонные каркасные здания и крупнопанельные здания касетного производства могут быть также допущены к массовому применению.

8. Бутовую кладку несущих стен из тяжелого камня скальных пород следует строго запретить, как неудовлетворяющую минимальным требованиям сейсмостойкости. Бутовую кладку из других типов камней при растворах марок 25 и выше можно допустить в пределах требований норм.

9. Строительство жилых и общественных зданий с несущими стенами из туфовой кладки системы "мидис" можно рекомендовать, ограничивая их высоту тремя этажами, в соответствии с изменениями СНиП П-А, 12-70 и РТУ Арм. ССР 877-68, при 8-балльной сейсмичности и четырьмя - при 7 баллах. При применении комплексных конструкций этажность этих зданий можно довести до пяти включительно.

Этажность зданий с несущими стенами из камней правильной формы или легкого бетона следует ограничить, соответственно, четырьмя этажами при 8-балльной сейсмичности и пятью этажами при 7 балльной сейсмичности.

Целесообразно расширить область применения каменных зда-

ний с поперечными несущими стенами.

10. Для строительства каменных зданий и сооружений в сейсмоактивных районах республики с пересеченным и сложным рельефом необходимо разработать типовые проекты 4-5-этажных каменных жилых зданий или приспособить существующие проекты, с введением необходимых изменений в них.

В частности, необходимо разработать проекты со ступенчато-секционной планировкой (в противном случае при привязке 4 и 5-этажных зданий фактически получается 5 и 6, а иногда и более этажей, с первым железобетонным в виде монолитного каркаса этажом), комплексными стеновыми конструкциями из камней правильной формы и из кладки системы "мидис", а также ускорить разработку проекта крупноблочных сейсмостойких зданий.

11. С целью обеспечения требуемой сейсмостойкости в строящихся 5-этажных жилых зданиях (например, по проекту IA 450 - 6/65) необходимо улучшить конструктивные решения некоторых элементов, как консольных балконов с совмещенной перемычкой, сборных железобетонных перемычек, состоящих из двух балочек, а также решить вопрос создания надежной связи между продольными и поперечными стенами при осуществлении последних из кладки из камней правильной формы.

12. В местностях со сложным рельефом можно рекомендовать строительство деревянных одно-, двухэтажных зданий. При этом цокольные части следует осуществлять из бутобетона или из туфовой кладки.

13. Необходимо усилить контроль над производством строительных работ и в первую очередь каменных и железобетонных работ. Для этого следует особо следить за маркой и консистенцией применяемых в кладке растворов, технологией возведения стен, усилением участков стен в пересечениях и примыканиях, замоналичиванием сборных железобетонных междуэтажных перекрытий. Наряду с этим нельзя ослаблять контроль по выполнению других требований антисейсмического строительства.

14. В строительстве зданий из монолитного железобетонного каркаса следует обратить внимание на правильную установку арматурных стержней, их стыковку, а также создание правильного режима твердения бетона. Следует взять под контроль осуществление стыков элементов каркаса, в особенности сварку стержней и накладных элементов. Особое внимание следует обра-

тить на точность монтажа сборных элементов, несоблюдение которых приводит к необходимости усиления конструкций как в процессе строительства, так и после его окончания, даже при отсутствии сейсмического воздействия.

Все вышеуказанные требования в отношении производства строительных работ необходимо полностью распространить и на работы, проводимые по усилению зданий и сооружений в Каджаране, согласно мероприятиям, предложенным Армянским институтом строительных материалов и сооружений.

Л и т е р а т у р а

1. Степанян В.А. Землетрясения на Армянском нагорье и прилегающих районах (на арм. языке). Ереван, изд. "Айастан", 1964.

2. Горшков Г.П. Геологические условия Зангезурского землетрясения 27 апреля 1931 г. Труды Сейсмологического ин-та АН СССР, № 31, М.-Л., 1933.

3. Райко Н.В. Зангезурская сейсмическая экспедиция. "Вестник АН СССР". Внеочередной номер - Экспедиции АН СССР в 1931 г. Ленинград, 1932.

4. Шкала сейсмической интенсивности, М S K-64, М., 1965.

5. Пирузян С.А. Сейсмическое микрорайонирование территории г.Еревана на инструментальной основе. Сводный научно-технический отчет. Фонды ИГИС АН Арм.ССР, Ленинакан, 1966.

6. Габриелян А.А. Основные вопросы тектоники Армении. Ереван, изд. АН Арм.ССР, 1959.

7. Назаров А.Г., Шахсуварян Л.В., Пирузян С.А. Зангезурские землетрясения 1968 г. "Доклады АН Арм.ССР", том X IX, №2, 1969.

8. Пирузян С.А. Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Ереван, изд. "Айастан", 1969.

9. Шахсуварян Л.В., Пирузян С.А., Пештмаджян О.В. Инженерное обследование Богдановского (Мадапинского) землетрясения 8-9 декабря 1959 г. "Известия АН Арм.ССР, серия техн.наук", том XIV, № I, 1961.

10. Шахсуварян Л.В., Мекинян С.Н., Пештмаджян О.В., Пирузян С.А. Некоторые результаты инженерного обследования Спитакского землетрясения 1967 г. Объединенная сессия научно-ис-

следовательских институтов Закавказских республик по строительству. Ереван, 1969.

II. Гороян Т.А., Маркарян Т.Г., Пирузян С.А., Шахсуварян Л.В. О некоторых результатах инженерного обследования последствий Ташкентского землетрясения 1966 г. "Известия АН Армянской ССР, серия техн. наук", том XXI, № 3, 1968.

I2. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. СНиП П-А. I2-69. М., Изд. литературы по строительству, 1970.

ПРОЯВЛЕНИЕ ЗАНГЕЗУРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
1968 г. НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

Зангезурские землетрясения 9 июня, 1 сентября и 1 октября со значительной (в населенных пунктах востока и северо-востока Нахичеванской АССР даже разрушительной) силой проявились на территории Азербайджанской ССР. Среднюю силу они имели во многих пунктах Лачинского, Кубатлинского, Зангеланского, Кельбад-жарского, Шушинского, Шахбузского, Джульфинского районов.

Более подробно был изучен поверхностный эффект первого разрушительного землетрясения, которое имело место 9 июня 1968 г. Сила проявления землетрясения 1 сентября во всех вышеперечисленных пунктах была примерно на один балл больше, чем сила землетрясения 9 июня.

На обследование мы выехали 12 июня. На схеме приводится макросейсмическое распространение землетрясения только на территории Азербайджанской ССР, где баллы даны по MSK - 1964. Наши данные по Армянской ССР (мы достаточно детально обследовали плейстосейстовую область) хорошо согласуются с результатами работ армянских коллег, которые несравненно обстоятельнее изучили как данное, так и последующие землетрясения.

Часть данных по Нахичеванской АССР получена от бывшего заведующего сейсмической станции "Нахичевань" А.Кулиева и сотрудника института геологии АН Азерб.ССР А.Агаларовой. А.Агаларова во время землетрясения 1/IX 1968 г. находилась в сел. Ихары - Айлис Ордубадского района.

На территории Нахичеванской АССР силу землетрясения 9/VI - 1968 г. можно оценить в 7,8 баллов в следующих пунктах:

П а з м а р ы ^{*)} - разрушены отдельные старые постройки; многие старые здания полуразрушены; здание школы требует капитального ремонта.

Н ю р г у т - полностью разрушен один старый сарай и полуразрушены несколько старых одноэтажных домов.

^{*)} Во всех отмеченных селениях в основном дома старые, одноэтажные, с плоской земляной крышей.

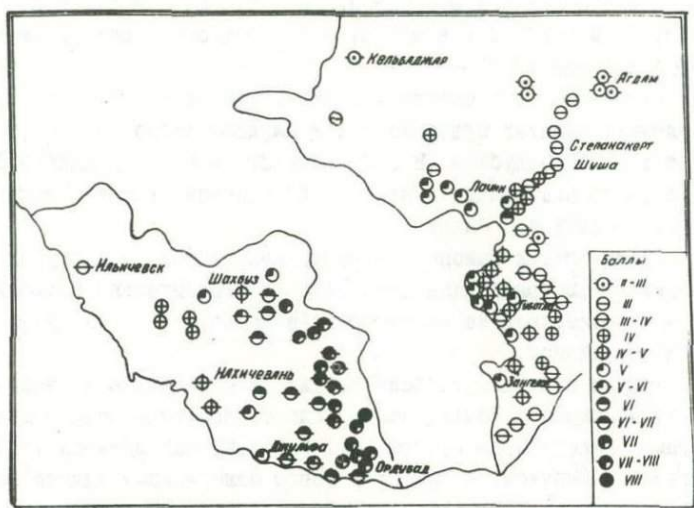


Схема интенсивностей в баллах по данным макросейсмических обследований

Н а с е р о з - во многих старых зданиях значительные повреждения; разрушены отдельные стены, углы домов; многие дома стали непригодны для жилья.

Б и с т - все старые постройки, без исключения, серьезно повреждены; имеются случаи разрушения стен.

Т и в и - примерно такая же картина, как в Бисте.

Л я к е т а г, М и л а х, Ч а н а н а б - почти во всех зданиях сквозные трещины, частичное разрушение стен.

Ю х а р ы - А й л и с ^Ж - если замлетрясение 9 июня здесь вызвало повреждение в совершенно ветхих постройках, то землетрясение 1 сентября имело более сильные последствия; были серьезно повреждены как новые, так и старые хорошо сохранившиеся дома; имеются сквозные трещины, частичные разрушения стен и т.д.; многим пришлось восстанавливать дома.

А ш а г ы - А й л и с - примерно такой же эффект, как и в Юхары-Айлисе; между Юхары и Ашагы Айлисами в горах образовались трещины; недалеко от Юхары-Айлиса в горах имели место обвалы.

^Ж По Юхары и Ашагы-Айлиса - данные А.Агаларовой.

Кечели, Арафса, Алачи, Парага, Дырныс, Унус, Вананд, Нюсиус - пострадали многие старые постройки.

Силой в 6, 6-7 баллов землетрясение проявилось во многих населенных пунктах Ордубадского и Джульфинского районов, в том числе в самом Ордубаде. В г.Нахичеване, в городах Шахбуз, Джульфа, а также населенных пунктах этих районов землетрясение ощущалось с силой 4-5 баллов.

Среди других районов Азербайджанской ССР, затронутых зангезурскими землетрясениями 1968 года, с относительно большей силой они проявились на территории Лачинского и частично Чубатлинского районов.

Как ни странно, селение Забух, расположенное в узком ущелье в 5-6 км южнее г.Лачин, пострадало от землетрясения больше, чем, например, населенные пункты Тех, Карашен, находящиеся между эпицентром и Забухом. В Забухе в новом одноэтажном здании библиотеки, построенном из рваного камня на хорошем цементном растворе, появилась сквозная трещина шириной 2-3 см. Здесь также были серьезно повреждены несколько добротных домов. Силу землетрясения 9 июня здесь мы оценили в 6-7 баллов. Местоположение селения Авахыл Шамахинского района примерно такое же, как Забух, т.е. оно расположено в ущелье. Землетрясения, хорошо ощущавшиеся в близлежащих к Авахиду населенных пунктах, расположенных на равнинах или возвышенностях, в Авахиле почти совсем не замечаются. Нам не удалось выяснить причину обратного эффекта в Забухе.

Силой около 5 баллов землетрясение проявилось в г.Лачине, в селениях Садылар, Ахмедли, Минкенд, Мирик, Карыкышлак, Малыбейли, Кельва, Велибейли, Ленинкенд, Агбулаг, где имеются незначительные трещины, осыпание штукатурки и пр. В Кубатлах и в западных селениях Кубатлинского и Зангеланского районов (Торовлу, Карабаба, Ферджан, Эйин, Махмудли, Каялы, Теймур - Мусканлы, Шайыфлы, Ю-Чардахлы, Гал) сила землетрясения 4-5 баллов.

Как видно из схемы, затухание интенсивности сотрясения совершенно по-разному проявляется в разных направлениях, что, безусловно, связано со сложным геологическим строением района зангезурских землетрясений.

Явно обнаруживается влияние рельефа местности на степень сотрясения. Такой эффект пришлось наблюдать, в частности, в се -

лении Лицен Симанского района и Чехи Каджаранского района, где новые добротные дома, построенные на наклонных участках или на возвышенностях, пострадали гораздо больше, чем дома, находящиеся на ровных участках.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ЗАНГЕЗУРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
9 ИЮНЯ 1968 г. НА ТЕРРИТОРИИ НАХИЧЕВАНСКОЙ АССР

Обследование последствий Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. в Нахичеванской АССР начато 13 июня и продолжалось более двух недель. Сила землетрясения оценивалась по шкале ГОСТ 6249-52, составленной С.В.Медведевым. Построенные изосейсты приведены на схеме.

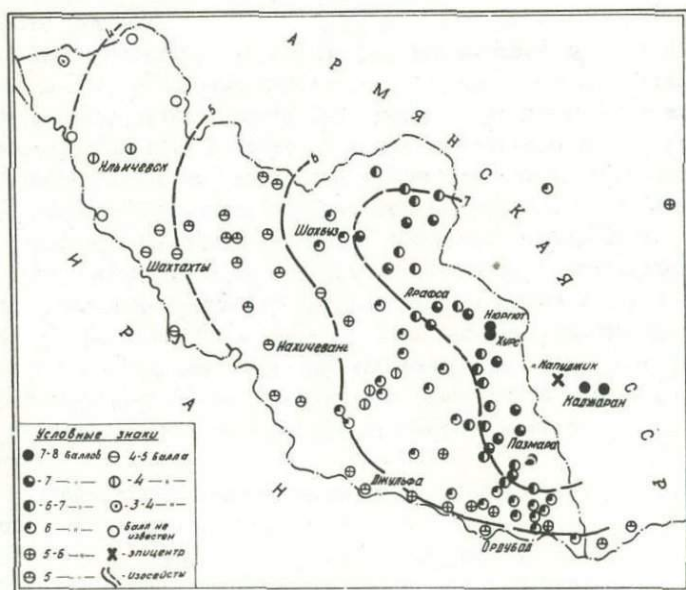


Схема интенсивностей в баллах по данным
макросейсмических обследований

С наибольшей силой 7-8 баллов землетрясение ощущалось в населенных пунктах Памара, Хурс и Пюргют. Дома в этих пунктах одностажные, в основном из речного и рваного камня на глинистом растворе. Антисейсмические пояса в домах деревянные (шириной около 15 и толщиной до 8 см), уложенные с внешней стороны несущих стоек примерно на 0,5 - 0,7 м ниже уровня перекрытия. В стыках

части пояса прошиты гвоздями. Следует отметить, что антисейсмические пояса имеются в домах поселков только Ордубадского района, за исключением новых зданий в Нах.АССР. Фундаменты покоятся на влажных глинистых грунтах. Во многих зданиях этих пунктов имеются глубокие и сквозные трещины, проломы в стенах, обрушения частей домов, большие трещины в каменных оградах. Некоторые дома (до 10% от общего количества) полностью разрушены (обвалы). Все в панике выбегали из домов, сдвигалась мебель, опрокидывались легкие предметы.

С силой 7 баллов землетрясение ощущалось в пунктах Калаки, Устуги, Мазра, Урмис, Рабочий поселок, Насирваз, Тейваз, Бойах - мед, Арафса, Кюлюс, Карабаба, Коланы и Гёмюр. Дома в них из рваного и речного камня на глинистом растворе, кирпича-сырца и глинобитные. Фундаменты в большинстве покоятся на влажных глинистых грунтах. Во многих зданиях этих пунктов большие и глубокие трещины в стенах, нередко по всей высоте. В некоторых имеются обрушения внешних частей стен по длине (вывалы). В отдельных случаях - обрушения частей зданий, расслоение кладки. Наблюдалась большая степень повреждений в тех домах (как правило, из кирпича-сырца), в которых имелись (по всему основанию или под частях его) подвальные или полуподвальные помещения. Люди в панике покидали дома, падала посуда, сдвигалась легкая мебель.

В остальных обследованных населенных пунктах землетрясение ощущалось следующим образом: Нюсюс, Дырнис, Унус, Чана - наб, Бахрут, Парага, Парага-чай, Тиви, Бист, Алаги, Милах, Лякештаг, Кечели, Нурс, Кюки, Юхары-Кишлаг, Ашага-Кишлаг, Биченаг - 6-7 баллов; Ордубад, Килит, Анабад, Юхары-Андамидж, Ашага-Андамидж, Ганза, Юхары-Акулис, Ашага-Акулис, Вананд, Данагирт, Юхары-Аза, Керим-кули-диза, Билав, Гял, Дурт, Джамалдин, Аразин, Кирна, Бананияр, Ханага, Казанчи, Гейнюк, Коласуз, Шахбуз и Бадамлы - 6 баллов; Кетам, Диза, Дуглун, Ашага-Аза, Айджи, Джуга, Гилян-чай, Кызылджа, Абракунис, Салтах, Норашен, Хожкешин, Нагаджир, Сираб - 5-6 баллов; Даста, Джульфа, Неграм, Тазакед, Араксгидрострой, Нахичевань, Сольпром, Джагры, Суст, Аз-Таза - кенд, Хинджаб, Азнабурт, Карабаглар, Паиз, Ашага-Бизгов, Юхары-Бизгов - 5 баллов; Хок, Шахтахты, Кыврак, Бейк-дуз - 4-5 баллов; Ильчевск, Махмудлу, Коналы - 4 балла; Сарадж - 3-4 балла.

Отметим, что наиболее жесткими и с относительно меньшими повреждениями оказались немногочисленные глинобитные дома;

сравнительно гибкими — дома из кирпича-сырца (без примесей). Фундаменты этих домов (не глубже 0,5 м) сложены из речного и рваного камня на глинистом растворе, что, как известно, не обеспечивает достаточной связи между элементами кладки фундамента. Это относится и к домам, целиком сложенным из таких же камней, которые претерпели в большей мере повреждения и разрушения. Все эти дома, за редким исключением, оштукатурены только изнутри. Штукатурка состоит из глинистого материала с примесью самана, который значительно повышает степень связанности отдельных частей ее и всего нанесенного слоя (толщиной до 2,5 см) в целом. Подобная штукатурка, как правило, во многом скрадывает такие повреждения, видимые с внешней стороны стен, как небольшие трещины в кладке. Трещины в такой штукатурке заметны при достаточно значительных повреждениях несущих стен. В некоторых, в основном новых, домах из кирпича-сырца внутренняя поверхность стен оштукатурена высококачественной местной глиной гилябы. В штукатурке из гилябы появляются тонкие трещины (вплоть до волосяных) даже при небольших деформациях, которые испытывают стены во время землетрясений.

Следует указать, что большинство населенных пунктов, в 6 и 7-балльной зонах, расположены на склонах гор, нередко на довольно крутых.

Обращает на себя внимание и то, что первая изосейста (в некоторой степени и вторая) довольно явно вытянута вдоль направления простирания Зангезурского хребта и повторяет его изгибы.

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ
КАДЖАРАНА ПРИ ЗАНГЕЗУРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ 9 ИЮНЯ
И 1 СЕНТЯБРЯ 1968 г.

Для оценки интенсивности землетрясений, возникших на поверхности земли, в существующих нормах используются различные признаки их проявления [1]. Одним из главных признаков является степень повреждения зданий и сооружений, определяемая в результате статистической оценки наблюдаемых макросейсмических явлений. Кроме того, применяются и такие признаки, как остаточные явления в грунтах, изменение режима грунтовых вод, ощущение колебаний и другие.

Однако при практическом пользовании шкалой могут возникнуть расхождения между показаниями по отдельным признакам. В таком случае предпочтение отдается показаниям, основанным на описаниях повреждений зданий и сооружений, поскольку оценка этих повреждений является основной. Показания будут наиболее точными при правильном анализе повреждений, с учетом особенностей конструкций и размеров здания, его состояния, грунтовых условий и др.

По количеству поврежденных зданий введены категории: большинство, многие, отдельные, с указанием ориентировочного соотношения в процентах, которое следует понимать по отношению к общему количеству зданий данной группы. В пределах одной группы здания не одинаковы по конструктивно-планировочным особенностям, по материалам и сохранности, поэтому доля поврежденных зданий от общего числа характеризует силу землетрясения [2].

В связи с Зангезурским землетрясением 9 июня и повторным толчком 1 сентября 1968 года из Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР выехала группа для детального обследования степени поврежденности зданий и сооружений, находящихся в зоне землетрясения. В задание группы входило макросейсмическое обследование зданий и сооружений производственно-промышленного назначения, находящихся в городе Каджаране. Были обследованы здания и сооружения, имеющие сборно-каркасное, монолитно-каркасное железобетонное, металло-каркасное и камен-

ное конструктивные решения, в количестве более сорока объектов.

Следует отметить, что основные и вспомогательные соору-жения Каджаранского медно-молибденового комбината расположе-ны на обоих склонах долины реки Вохчи, преимущественно на ко-согорах.

По инженерно-геологическим условиям, на обследованном участке большое распространение имеют дельвиальные отложения, представленные суглинками и супесями с разными обломками скаль-ных пород. Мощность дельвиальных отложений колеблется от 0,5 до 25 м и более.

Значительная часть описываемого участка покрыта насыпью и отвалами. Они представлены глиной, песком, дрсевой и глыбообло-мочным материалом, в рыхлом слабо-влажном состоянии. Мощность их обычно колеблется в пределах от 0,5 до 6 м.

Скальные породы на обследуемом участке представлены монцо-нитами, местами сильно разрушенными, трещиноватыми, раздроблен-ными до состояния дресвы и щебня. Они распространены главным об-разом в северной части описываемого участка и к югу подстила -ются четвертичными элювиально-дельвиальными образованиями, а в пойме реки аллювиальными отложениями, которые представлены галь-кой, гравием, валунами и песком.

По местоположению различные производственные цеха отделя-ются один от другого горизонтальными площадками и подпорными стенками, для создания соответствующих подходов и подъездов к сооружениям. По своим планировочным решениям, а также конструк-тивным элементам исследуемые объекты были достаточно разнообраз-ными.

Используемый каменный материал - в основном местный монцо-нитовый буто-базальт и привозной арктический туфовый камень.

В отношении соблюдения норм и правил антисейсмического строи-тельства большинство производственных объектов построены с уче-том расчетной сейсмичности 8-9 баллов. Однако при обследовании в большинстве зданий наблюдались нарушения норм сейсмостойкости, что явно выразилось при землетрясении. При первом же толчке поч-ти все кирпичные дымоходы были повреждены, имело также место повреждение отдельных стыков сопряжений железобетонных колонн с ригелями из-за отсутствия надлежащей связи.

Наблюдаются также существенные повреждения в виде сквозных трещин, расслаивания кладки, падения и разрушения части стен в

бутовой кладке одно- и двухэтажных зданий как в несущих стенах, так и в стенах заполнения каркасов.

Ниже приводим результаты обследования характерных объектов, зданий и сооружений промышленно-гражданского назначения, осмотренных нами при первом и втором сейсмических воздействиях (9 июня и 1 сентября 1968 г.).

Приемная бункеров комбината. Здание расположено на косо - горе преимущественно на скальных грунтах. Оно 2-этажное с надземной частью высотой порядка 16 м. Высота подземной части 10-12 м. Здание каркасное из монолитных железобетонных колонн, сечением 140x140 см, на которых покоятся четыре мощных железобетонных бункера, монолитно связанных с колоннами. Заполнение выполнено из кладки "мидис" на арктическом туфе.

В железобетонных конструкциях никаких повреждений не наблюдается. Имеются трещины в стенах из каменной кладки (заполнение каркаса). Ширина раскрытия этих трещин не превышает 4 мм (рис.1).

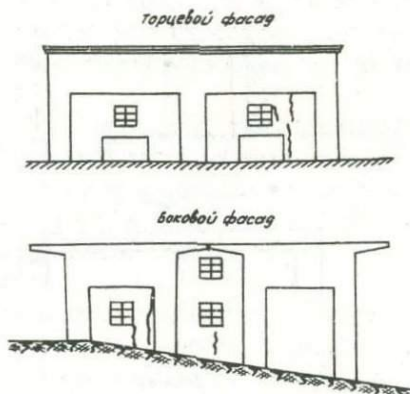


Рис.1. Схема фасадов здания приемной бункеров комбината с указанием трещин

При повторном обследовании наблюдается появление новой трещины в стенах из каменной кладки. Прежние вертикальные трещины в мидисовых заполнениях на всю высоту, в местах примыкания к колоннам, расширились до 2,5 см, что объясняется отсутствием связей стен с колоннами. Наблюдается незначительная трещина в шту-

катурке по бетону в бункере. Имеющиеся трещины в заполнении бокового фасада расширились. В простенках трещины расширились примерно до 5-6 мм.

Отделение крупного дробления комбината. Здание одноэтажное. Стены самонесущие, из кладки "мидис" чистой тески. Каркас металлический. Перекрытие из железобетонных плит по металлическим фермам.

В целом цех существенных повреждений не имеет. В стенах имеются небольшие трещины не опасного характера. В подстанции № 4 дробильного корпуса, во внутренней средней стене (рис. 2) имеется горизонтальная трещина длиной 16 м. Имеются трещины и в перемычках. Наблюдаются также вертикальные трещины в местах примыкания поперечных стен к продольным, незначительные трещины в перегородках. В наружной боковой фасадной стене, выполненной из арктического туфа чистой тески, имеется вертикальная трещина длиной 3,8 м.

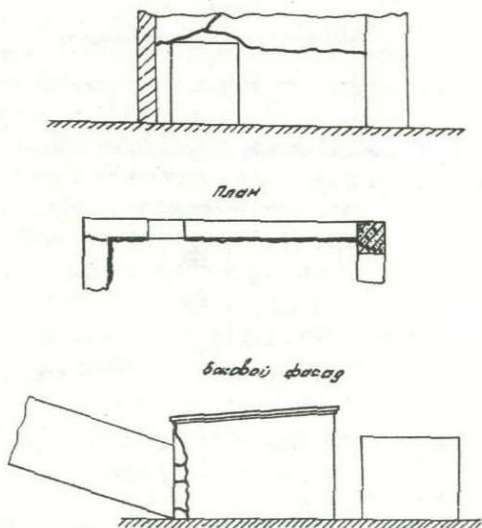


Рис.2. Схемы конструктивных элементов здания крупного дробления комбината с нанесением трещин

При повторном обследовании наблюдается появление вертикальной трещины в наружной боковой фасадной стене из арктического ту-

фа чистой тески (угол здания) высотой 7 м (которая является продолжением прежней, длиной 3,8 м). В подстанциях имеющиеся трещины несколько увеличились. Появления новых повреждений не наблюдалось.

Главный корпус фабрики. Выполнен из металлического каркаса. Перекрытие из железобетонных плит по металлическим фермам. Стены самонесущие из туфовой кладки "мидис", перегородки шлакобетонные. Во всех несущих конструкциях никаких повреждений не имеется.

Наблюдаются горизонтальные и вертикальные трещины в перегородках подстанций № 2 и № 3. В подстанции № 2 стена заполнения отошла от вертикали примерно на 5-10 см. В подстанции № 7 наблюдаются трещины в основном в вертикальном направлении. Ширина трещин 5 мм. Имеется также горизонтальная трещина в углу примыкания продольной и поперечной стен.

В лестничной клетке северная стена выполнена из туфовой кладки "мидис", толщиной 60 см. Высота кладки около 18 м. В торцевой стене имеются вертикальная и горизонтальная трещины. Наблюдаются трещины также в поперечных стенах лестничной клетки.

В отделении № 4 сгустителя, где установлен большой железный чан, железобетонный сплошной фундамент дал осадку, вследствие чего в бетоне дренажного насоса образовалась небольшая трещина порядка 1,2 см. В подстанции № I имеются незначительные трещины в перегородках и стенах в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Старый склад медного концентрата, который пристроен к главному корпусу, имеет фундаменты из бутобетона, стены из арктического туфа под шубу, перекрытие из металлических балок с железобетонными плитами, кровля мягкая. При землетрясении перекрытие обрушилось полностью, что объясняется полным отсутствием закрепления плит к балкам. В каменных стенах в углу примыкания продольной и поперечной стен, по всей высоте здания в 7 м имеется значительная вертикальная трещина (рис. 3). В конце главного корпуса имеются 4 постройки аналогичного типа, в которых землетрясение никаких повреждений не вызвало.

При повторном обследовании установлено, что в лестничной клетке (северная сторона) имеющиеся трещины увеличились (раскрылись) как в продольной, так и в поперечной стенах. Наблюда-

ется откол небольших кусков штукатурки. В подстанции № 7 произошло увеличение старых трещин. Появились новые трещины в перегородках, имеет место откол штукатурки. В подстанции № I наблюдается увеличение количества трещин в перегородках и стенах.

Цех стучения и фильтрации обогатительной фабрики. Здание расположено на левом берегу реки Вохчи. В плане имеет прямоугольную форму. Здание каркасное, выполнено из сборных железобетонных элементов. Фундаменты – бутовые, стены из кладки "мидис" чистой тески. Цех перекрыт: в главном корпусе плитами ПКЖ по металлическим фермам; в складском хозяйстве – плитами ПКЖ по железобетонным тавровым балкам. Кровля мягкая.

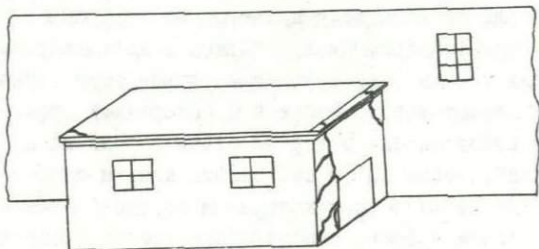


Рис. 3. Схема конструкции пристройки медного склада при главном корпусе

Наружные стены местами отошли от вертикали, появились горизонтальные трещины в нижней части стен. Одна из консолей под опору железобетонной балки и перемычек заполнения деформировалась (срезалась), в результате заполнения осело приблизительно на 5–10 см (рис.4). По всей длине цеха в поперечном направлении заполнение отошло от вертикали на 10–15 см; в месте примыкания к продольной стене (угол здания) наблюдается существенная трещина по всему цеху. В плитах перекрытия ПКЖ имеется общая осадка. Мягкая кровля получила повреждение.

Заполнение выполнено из шлакобетона (бетон некачественный). Высота заполнения 2,8–3,2 м и с несущими колоннами не имеет никакой связи. Вследствие землетрясения колонны таранили и заполнение от вертикали отошло в сторону на 10–15 см.

В цехе имеются два огромных сгустителя (чана) диаметром каждый по 18 м, выполненные из монолитного железобетона на стойках размерами 40х40 см. Средняя конусообразная часть

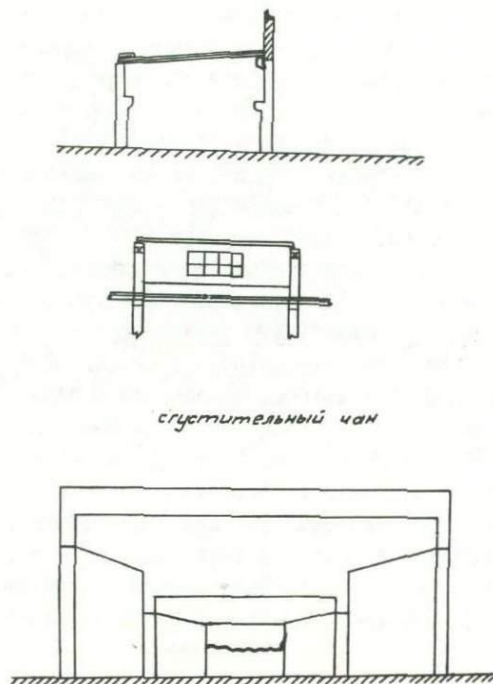


Рис.4. Конструктивные элементы здания с указанием размеров и повреждений в цехе сгущения и фильтрации

сгустителя (чана) постепенно утоньшается, доходит до диаметра 3 м и заканчивается опиранием на круглый железобетонный фундамент диаметром 3 м, высотой 2,5 м, с толщиной 40 см.

При землетрясении один из фундаментов получил повреждение в виде трещины по всему периметру шириной 1,5–2 см. Бетон срезался и сдвинулся (рис.4). Это объясняется в основном недоброкачественным бетоном (прочность бетона 35–45 кг/см²). Одна из монолитных стоек (колонн) в верхней части получила трещину по всему периметру. Другой аналогичный чан никаких повреждений не имеет.

При повторном обследовании обнаружено, что железобетонная колонна 40x40 см, имевшая прежде незначительную трещину по всему периметру в местах швов бетонирования, получила дополнитель-

ную трещину и некоторое раздробление бетона. В торцевой стене восточного фасада в мидисовых стенах заполнения наблюдается появление новых трещин в горизонтальном направлении, а также откол больших кусков штукатурки. Появились трещины в бетоне операторного помещения, выполненного из монолитного бетона, с толщиной стен 10–15 см. Трещины горизонтальные и вертикальные, шириной 3–6 мм. Наблюдается местами откол штукатурки от железобетонных колонн. Появление в монолитной железобетонной колонне с сечением 80x40 см кривой трещины по всему периметру, шириной 1,5–2 мм, объясняется слабым качеством бетона.

Главная понизительная подстанция № I (ГПП-I). Здание в плане имеет прямоугольную форму с размерами 8x18 м. Построено на косогоре. Здание 2-этажное, фундаменты и стены возведены из бутовой кладки. Камень – монзонит с большим объемным весом и низким сцеплением с раствором. Перегородки бетонные. Перекрытия из монолитного железобетона. Толщина стен 70 см.

Вследствие землетрясения произошел сдвиг стен по всему периметру здания у цоколя. Имеются значительные трещины в стенах первого и второго этажей. Направление трещин по перемычкам здания (рис.5). Здание аварийное и вышло из строя.

фасад здания

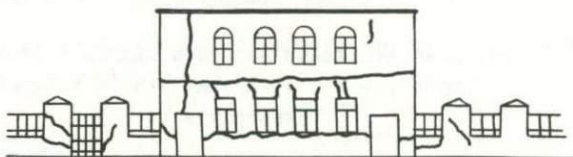


Рис.5. Схема фасада ГПП-I с указанием образовавшихся трещин

Около здания имеется ограда из бутовой кладки высотой 2,5 м. Во время землетрясения столбы ограды получили значительные повреждения, имеются отколы камней.

При повторном обследовании под перекрытием обнаружена горизонтальная трещина, штукатурка со стен обвалилась. Наблюдается существенное нарушение в бетонных перегородках, трещины значительно увеличились. Имеется сдвиг 2-го этажа на уровне перемычек в продольных фасадных стенах (рис. 6).

Сталелитейный цех. Здание одноэтажное. Стены из туфовой



Рис. 6. Сдвиг бутовых стен 2-го этажа на уровне перемычек в ГПП-1

кладки "мидис" под шубу. В плане имеет размеры 10x60 м. Подкрановые балки металлические. Средние колонны из сборного железобетона, крайние - из кладки "мидис". Перекрытия из железобетонных плит по металлическим фермам; кровля мягкая (рис. 7).

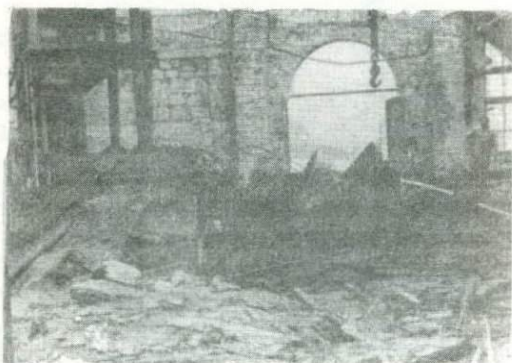


Рис. 7. Внутренний вид сталелитейного цеха после обрушения перекрытия

При землетрясении перекрытие полностью обрушилось из-за недостаточного закрепления ферм с колоннами. При этом отсут-

ствии надлежащей анкировки привело к падению одной из ферм опоры, которая повлекла за собой остальные, фермы деформировались, прогоны выпали, что привело к полному разрушению цеха. Следует отметить, что аналогичный по конструкции чугунолитейный цех, который в плане является продолжением сталелитейного цеха, существенных повреждений не имеет, за исключением задней фронтальной части, где стена, выложенная из бутового камня на слабом глиняном растворе, на небольшом участке порядка 4-5 м обвалилась.

Центральная промышленная котельная. Здание расположено на левом берегу реки Вохчи, на наносных галечных грунтах. В плане имеет квадратное очертание. Здание 9-этажное, каркасное, выполнено из монолитного железобетона, перекрытие также монолитное (рис. 8). Боковые фасады выполнены из арктического туфа. Кладка системы "мидис" с облицовкой из камня чистой тески. Толщина стен 40 см. Фундаменты под стены боковых фасадов бутобетонные.

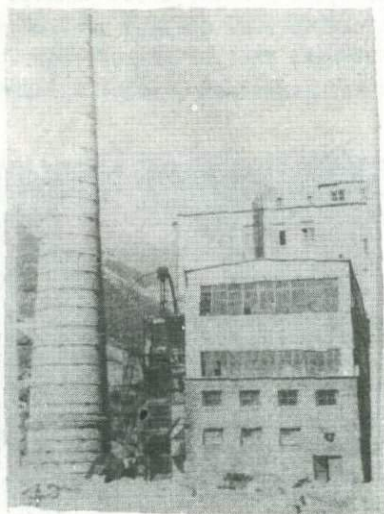


Рис.8. Общий вид центральной котельной

Во время землетрясения обнаружены горизонтальные трещины в стенах из кладки "мидис". В низковольтной подстанции заполнение из кладки "мидис" дало незначительную осадку. Кроме того, имеются горизонтальные и вертикальные трещины в шлакоблочных перегород-

ках (толщиной 10 см) по всем этажам здания. Трещины преимущественно в местах стыковки перегородок с каркасом.

Основные несущие монолитные железобетонные колонны и перегородки никаких повреждений не имеют, за исключением одной колонны, сечением 15x15 см, рамной опоры под трубопроводом, которая получила повреждение, не представляющее опасности.

На втором этаже на монолитном железобетонном перекрытии толщиной 12-14 см установлен вентилятор ВД-13,5, который закреплен анкерами к плите перекрытия.

При центральной котельной имеется мазутное хозяйство, расположенное на левом берегу реки Вохчи, преимущественно на галечных грунтах. Основной корпус, где располагается насосная, имеет высоту в три этажа по 3,5 м. Два этажа корпуса здания находятся в грунте, а один - верхний на поверхности грунта. Здание в плане имеет круглое очертание. Два подземных этажа выполнены из монолитного железобетона с толщиной стены 30 см, а верхний надземный этаж сложен из арктического туфа кладкой "мидис". Перекрытие балочное железобетонное монолитное, толщина плиты 12-14 см. В бетонных и каменных стенах, а также в перекрытиях при осмотре никаких повреждений не наблюдалось. Имеются несущественные трещины в местах примыкания перегородок к стенам и перекрытиям.

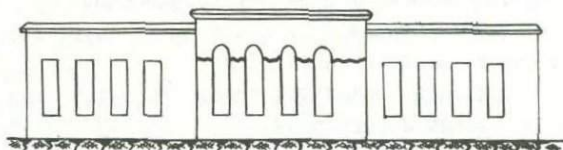
При хозяйстве имеются два железобетонных резервуара по 1000 кубм каждая, которые соединены при помощи отводящих труб с насосной основной корпуса (мазутной). Резервуары находятся под грунтом. При землетрясении, очевидно, произошла деформация основания резервуара, вследствие чего произошла утечка мазута, который смешивался с водой в речке. Трещины обнаружить не удалось ввиду полной их засыпки землей. В отводящих трубах дефектов не обнаружено.

При повторном обследовании в железобетонных элементах никаких повреждений не наблюдалось. Существующие трещины в стенах заполнены из кладки "мидис", а также в перегородках несколько раскрылись. Местами наблюдается небольшой откол штукатурки от стен в лестничной клетке.

Каджаранский хлебозавод. Здание расположено на правом берегу реки Вохчи. В плане имеет прямоугольную форму и состоит из трех корпусов. В здании имеются два температурно-осадочных шва (рис.9). Здание монолитное каркасное, рамного типа из железобетона.

бетонных настилов типа ПЖ. Кровля мягкая. Фундаменты под стены заполнения бутобетонные. Стены заполнения из арктического туфа под шубу (для крайних отсеков) и чистой тески для среднего отсека. В отсеке, где расположен мучной склад, имеется подвальное помещение.

главный фасад



Разрез

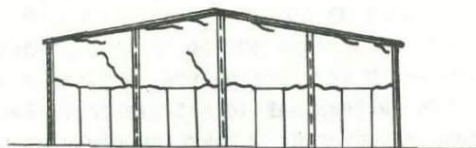


Рис. 9. Схемы с указанием трещин и размеров каджаранского хлебозавода

При землетрясении в основных конструкциях, выполненных из железобетона, никаких повреждений не появилось. Имеют место повреждения преимущественно в каменных стенах. В мучном складе поперечная стена на высоте порядка 4 м под перекрытием получила деформацию (осадку). Явно наблюдаются сдвиговые трещины на всю ширину здания. Имеются также трещины (горизонтальные) в перегородках на уровне дверного проема (перемычек) на всю длину склада. В производственном отделе наблюдаются повреждения со стороны главного фасада в стенах из кладки "мидис" с облицовкой арктическим туфом чистой тески по всей длине отдела на высоте 3 м от пола.

Наблюдается также откол облицовочных плиток от стен и штукатурки. Один из осадочных швов производственного отдела и склада муки недостаточно сработал, вследствие чего в осадочных швах поперечных стен появились существенные трещины как в го-

ризонтальном, так и в вертикальном направлениях. Во всех перегородках как в продольном, так и в поперечном направлениях имеются значительные трещины. В печном отделе, где установлена печь вместе с дымоходом, изготовленная из огнестойкого кирпича, при толчке на угле печи по всей длине дымохода образовалась существенная трещина, шириной порядка 4–5 см. В плитах перекрытия ПЖ деформаций не наблюдалось, за исключением перекрытия производственного отдела в месте осадочного шва, где вследствие осадки и деформации стен мягкая кровля получила незначительное повреждение.

При хлебозаводе имеется проходная размерами 3х6 м, высотой около 3 м. Проходная выполнена из стен кладки "мидис" и оштукатурена (толщина стен порядка 50 см). При действии землетрясения стены проходной получили сквозные трещины, в основном горизонтальные, на уровнях перемычек.

При повторном осмотре наблюдается раскрытие существующих трещин в каменных стенах. Все шлакобетонные перегородки толщиной 8 см, имеющие высоту около 6 м, получившие при первом толчке значительные вертикальные и горизонтальные трещины, после второго толчка отошли от вертикали, трещины увеличились, раскрылись до 4–6 см, а в некоторых местах сдвинулись в горизонтальном направлении на 1,5–2 см. Наблюдается также откол штукатурки от стен, а также появление новых трещин в перегородках (рис. 10).

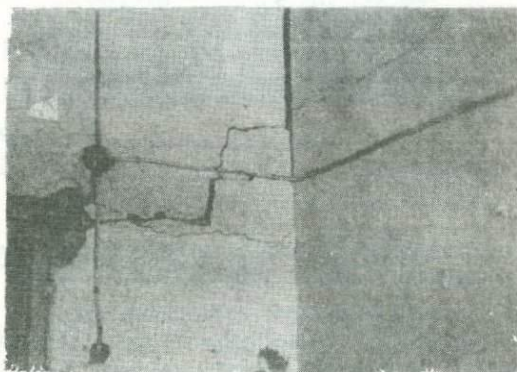
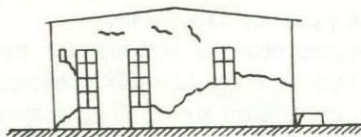


Рис. 10. Раскрытие трещин в шлакобетонных перегородках каджанского хлебозавода

Каджаранский молочный завод. Расположен на правом берегу реки Вохчи. В плане имеет прямоугольную форму, одноэтажное здание, выполненное из сборных железобетонных элементов (колонн и тавровых балок). Перекрытие в складском помещении из многослойных железобетонных настилов, в производственных цехах - из железобетонных настилов типа ПКЖ. Фундаменты под стены из бутобетона, стены из бутовой кладки. Стены двух главных фасадов самонесущие, а двух торцевых фасадов - несущие. Кровля мягкая.

Вследствие происшедшего землетрясения несущие стены торцевых фасадов получили сквозные трещины (сдвиговые). Имеются значительные трещины в горизонтальном и вертикальном направлениях также в стенах заполнения (рис. II).

Верхний торцевой фасад



Нижний торцевой фасад



Угол здания со стороны верхнего торцевого фасада

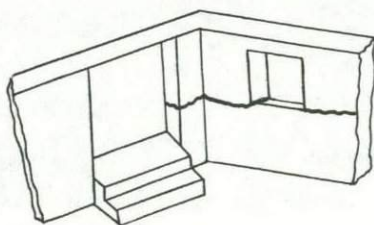


Рис. II. Схемы с указанием трещин молочного завода

Наблюдаются вертикальные и горизонтальные трещины во всех перегородках, местами откол больших кусков штукатурки. В верхней торцевой части, где опираются плиты ПКЖ, вследствие деформации стены плиты перекрытия расшатались, что привело к частичному повреждению мягкой кровли.

Вентиляционная труба получила повреждение в соединительном стыке и часть ее отпала. В складском помещении завода были штабелированы бутылки на высоту приблизительно 1,5-2 м. Вследствие толчка верхняя часть штабеля рассыпалась и бутылки разбились. В стыках соединений железобетонных элементов нарушений не наблюдалось.

При повторном обследовании наблюдались раскрытие ранее существующих трещин, отколы от стен и перегородок больших кусков штукатурки, появление новых трещин (рис. 12). В железобетонных элементах повреждений не было.



Рис.12. Повреждения в продольных (самонесущих) стенах из бутовой кладки молочного завода

Гараж для большегрузных машин в Анкаване. Здание одноэтажное, из сборных железобетонных колонн и ригелей, перекрытие из плит ПКЖ по сегментным железобетонным фермам. Кровля мягкая. Фундаменты под стены заполнения бутобетонные. Главный фасад из кладки "мидис". Толщина стен 50 см. Шаг колонн в продольном направлении 9 м. Здание имеет один осадочный шов. Левая часть с подкрановыми балками, а правая - без них. В здании существенных

повреждений не имеется. Наблюдаются лишь небольшие трещины в стенах и перегородках, незначительные деформации ригелей, повреждения мягкой кровли. Имеются незначительные вертикальные трещины в местах примыкания стен заполнения с колоннами. Одна из сегментных ферм в нижнем (растянутом) поясе получила повреждение, очевидно, ранее в бетоне имелись раковины местного характера. Одна из сборных железобетонных колонн, размерами 40х60 см, по всему периметру имеет трещины в нескольких местах, что объясняется в основном некачественным бетоном (рис. 13).

ж./бетонная колонна

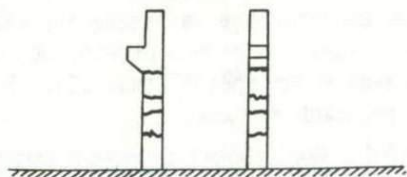


Рис.13. Указание трещин в сборной несущей колонне автогаража в Анкаване

При повторном обследовании дополнительных повреждений не наблюдалось.

Электроремонтный цех. Расположен на левом берегу реки Вехчи. Здание одноэтажное, размерами в плане 12х20 м. Стены выполнены из местного бута толщиной 70 см. Перекрытие асбошиферное по деревянным фермам. Раствор кладки некачественный, глиняный.

В результате землетрясения образовались существенные сквозные трещины в продольных и поперечных стенах. Наблюдается явное нарушение в кладке стен и колонн под подкрановые балки (из местного бутового камня). Угол здания нарушен с обеих сторон торцевого фасада (рис. 14).

При повторном обследовании установлено разрушение угла здания, камни отпали, наблюдаются большие отколы штукатурки от стен. Трещины в стенах значительно увеличились.

Кузнечный цех. Здание одноэтажное, высотой 9 м. В плане имеет размеры 12х40 м. Несущие конструкции - колонны, фермы перекрытия, подкрановые балки (металлические). Покрытие из сборных железобетонных плит. Кровля мягкая. Шаг колонн в продольном направлении 6 м. Стены заполнения каркасов выполнены из кладки "мидис".

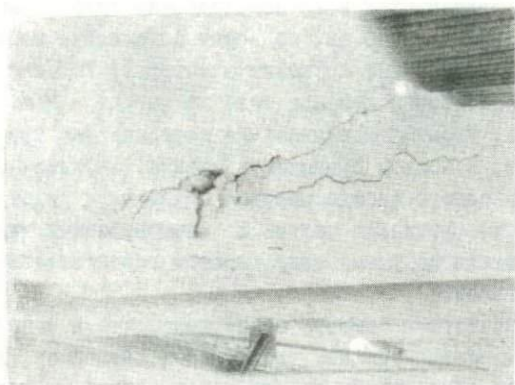


Рис. 14. Нарушение в бутовой кладке в углу сопряжения стен электроремонтного цеха

Наблюдаются вертикальные трещины в поперечных стенах в местах примыкания к продольной стене. Имеются небольшие отколы бетона в плитах перекрытия. При повторном осмотре новых повреждений не выявлено.

Механический цех при фабрике. Здание одноэтажное, размеры в плане 18х100 м, каркасное, из монолитных железобетонных колонн и ригелей. Сечение колонн 40х50 см. Шаг колонн в продольном направлении 6 м, с одним осадочным швом. Перекрытие из сборных железобетонных плит ПКЛ, кровля мягкая. Заполнение каркасов наружных стен выполнено из арктического туфа под шубу, толщиной 50 см, внутренние стены из шлакобетона (рис.15).

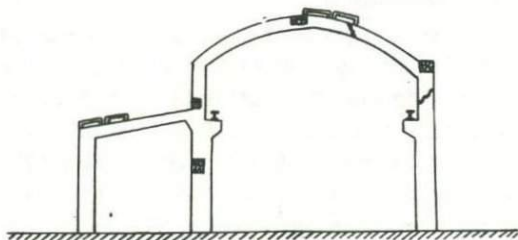


Рис.15. Конструктивные элементы и размеры здания механического цеха

Наблюдаются следующие повреждения: один из монолитных ригелей, сечением 80x40 см, по всему периметру имеет трещину шириной в 1 см (в месте стыковки арматуры). Трещина также наблюдается в монолитной колонне того же ригеля в месте соединения с колонной. Имеются значительные вертикальные трещины в торцевых стенах, в местах примыкания стен к колоннам. С наружной стороны торцевого фасада имеется сдвиг двух рядов кладки чистой тески во фронтальной части. В шлакобетонных внутренних стенах заполнения по всему цеху имеются горизонтальные трещины на уровне ригелей.

При повторном осмотре обнаружено, что в монолитном железобетонном ригеле трещина увеличилась примерно на 1,5-2,0 см. Наблюдается образование трещин в монолитной железобетонной стойке справа, слева имеющаяся трещина увеличилась. Трещины раскрылись также в перегородках, но новых трещин не появилось. Наблюдается откол штукатурки от стен.

Кислородный цех Каджаранского комбината. Расположен на левом берегу реки Вохчи, на наносных грунтах. Здание одноэтажное, размерами в плане 15x30 м. Фундаменты бутобетонные, несущие стены выполнены из арктического туфа чистой тески, толщиной 50 см. Перекрытия из сборных железобетонных плит ПКЖ по сборным двухскатным железобетонным балкам. Кровля мягкая. Подкрановые балки металлические. Наблюдается трещина в углу примыкания торцевой стены к продольной, под перемычкой. Имеется также вертикальная трещина в торцевой стене, от пола до оконного проема (рис. 16). Наблюдаются горизонтальные трещины в стенах под балками перекрытия машинного отделения. Появились незначительные трещины в перегородках.

При повторном обследовании наблюдается увеличение трещин в перегородках. Перегородки отошли от вертикали на 6-7 см. Расширились трещины в стенах под балками перекрытия. Появились новые трещины в углах примыкания продольной и поперечной стен. Местами имеется откол штукатурки от стен. В пилястрах (колоннах) под опорами подкрановых балок появились трещины в каменных рядах в горизонтальном направлении.

Комбинат строительных изделий треста "Каджаранстрой". Арматурный цех. Расположен на правом берегу реки Вохчи, на валунистых грунтах. Здание одноэтажное, размерами в плане 9x36 м, высотой 5,5 м, выполненное из сборных железобетонных колонн

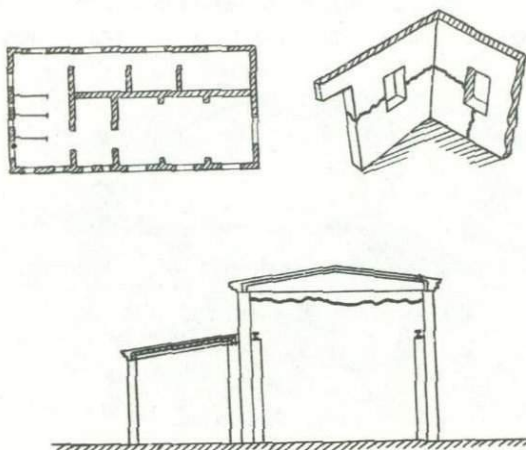


Рис. 16. Схема конструкции здания кислородного цеха с указанием образовавшихся трещин

40x40 см, сборных двухскатных балок длиной 9 м. Перекрытие монолитное, часторбистое (вкладыши пемзобетонные). Стены заполненные выполнены из бутовой кладки, толщиной 50 см. Кровля мягкая. Шаг колонн в продольном направлении 6 м.

Имеются незначительные вертикальные трещины в местах примыкания поперечной торцевой стены к колоннам. Других повреждений не наблюдается. Раствор кладки стен качественный. Имеются местного порядка повреждения во вкладышах часторбистых перекрытий.

Железобетонный цех. Расположен на правом берегу реки Вохчи, на валунистых грунтах. Сушильные камеры расположены по длине и являются одна продолжением другой, с углублением в грунте. Глубина 2 м, ширина 5 м, длина соответственно 7 и 14 м. Стены камер выполнены из железобетона, толщиной 30 см. Общая длина порядка 60 м.

Имеются незначительные трещины в поперечных стенах. Других повреждений не наблюдается.

Столярный цех. Расположен на правом берегу реки Вохчи, на наносных грунтах. Здание одноэтажное, высотой 3,5 м. Размеры в плане 18x24 м. Здание из местного бутового камня с толщиной стен 60 см. Перекрытия из треугольных деревянных ферм. Кровля из рубероида. Раствор кладки местами слабый.

Имеются незначительные трещины в стенах. Поперечная торцевая

стена бокового фасада получила значительную горизонтальную сквозную трещину на уровне перемычки по всей длине (рис. 17).

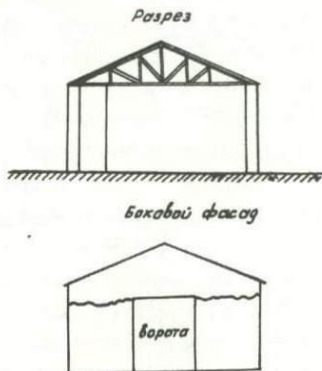


Рис. 17. Схема конструкции столярного цеха с указанием размеров и трещин

Механический цех. Расположен на правом берегу реки Вохчи на наносных грунтах. Здание одноэтажное, высотой 4 м, имеет размеры 18x45 м, стены выполнены из бутовой кладки толщиной 70 см. Цех перекрыт сегментными деревянными фермами. Стены здания по всей длине, через каждые 3 м, имеют контрфорсы, выложенные из бутобетона.

При обследовании наблюдалось обрушение наружного слоя части стены со стороны торцевого фасада, которая по всей длине имела значительное отклонение от вертикали. Замечены существенные трещины в углах сопряжения поперечных и продольных стен. Раствор кладки некачественный (глиняный). В продольных стенах повреждение не было (рис. 18, 19).

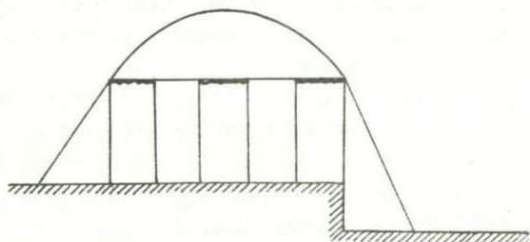


Рис. 18. Торцевой фасад с указанием трещин в бутовой кладке механического цеха при железобетонном заводе



Рис. 19. Вид фасада здания с контрфорсами механического цеха при железобетонном заводе

Алебастровый цех. Расположен на правом берегу реки Вохчи, на наносных грунтах. Здание в плане имеет размеры 12х18 м, одноэтажное, высотой 5 м, а высота возвышенной части 9 м. Стены выполнены из арктического туфа системы "мидис", толщиной 70 см. Перекрытие железобетонное монолитное. Кровля мягкая. Фундаменты под стены бутовые. Раствор кладки качественный.

Повреждений не наблюдалось как при первом, так и при повторном обследованиях.

Подпорные стены. Большинство сооружений, находящихся в городе Каджаране в зоне землетрясения, расположено на крутых склонах. Отдельные производственные цеха отделены друг от друга горизонтальными площадками, которые усилены подпорными стенами. Грунт в основном насыпной. Подпорные стены выложены из местного бутового камня монцонита. Качество раствора кладки подпорных стен довольно низкое.

В результате землетрясения почти все подпорные стены получили существенные повреждения, наблюдается возникновение широких трещин, местами частичные обвалы, что в основном объясняется низким качеством производства строительных работ.

В ы в о д ы

Обобщая проведенное макросейсмическое обследование и анализ характера имеющихся последствий при землетрясении в зданиях и сооружениях производственного назначения, находящихся в городе Каджаране, можно отметить следующее: добротно построенные здания и сооружения каркасного типа, выполненные из сборных или монолитных железобетонных конструкций, а также каркасные металлические конструкции полностью противостояли силам землетрясения без каких-либо повреждений, за исключением отдельных конструктивных элементов в виде железобетонных колонн, консольных частей, железобетонных ригелей и ферм, получивших в отдельных частях повреждения, являющиеся в основном следствием производственного характера.

В стеновых заполнениях, выполненных из кладки "мидис" на арктиском туфе, при соблюдении качества раствора и при удовлетворительном качестве производства работ, рассчитанных на 7-8 баллов, можно гарантировать безопасность при действии сейсмических сил.

Стены зданий и сооружений, выполненные на кладке из местного буттового камня монзонита, имеющего достаточно высокий объемный вес и низкое сцепление с раствором, вследствие неудовлетворительного качества производства работ являются слабыми конструкциями в отношении восприятия сейсмических сил, что наблюдалось при обследовании таких объектов. Большое количество зданий таких типов получило следующие серьезные повреждения: сквозные трещины, местами отпадение углов, расслаивание, сдвиги по периметру зданий.

Стыки и соединения, замоноличивание, при добротном качестве производства работ, являются надежными в отношении восприятия сейсмических сил. Однако недостаточное закрепление отдельных узлов конструкций может стать причиной катастрофы целого сооружения, что и привело к разрушению сталелитейного цеха при Каджаранском комбинате. Это же явилось причиной отклонения от вертикали на 10-15 см шлакобетонных заполнений на всю длину в цехе стужения и фильтрации обогатительной фабрики комбината.

Макросейсмическое обследование более 40 объектов производственных зданий г. Каджарана дает нам возможность оценить интенсивность Зангезурского землетрясения 9 июня, а также повторного толчка 1 сентября 1968 г. - в 7 баллов [3].

Л и т е р а т у р а

1. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. СНиП II-A.12-62. Стройиздат, 1963.

2. Медведев С.В. Новая сейсмическая шкала. Труды Геофиз. института АН СССР, № 21 (110), 1953.

3. Мнацаканян В.Д., Шагинян С.А. Макросейсмическое обследование промышленных сооружений при зангезурских землетрясениях 9 июня и 1 сентября 1968 года. Отчет ИГИС, 1969.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ
ЗОНЫ ЗАНГЕЗУРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1968 г.

І. В в е д е н и е

Землетрясение, происшедшее 9 июня 1968 г., распространилось на территорию юго-восточной части Армении и принесло большие материальные потери. Ущерб нанесен селениям Кафанского, Мегринского, Горисского, Сисианского, а также Азибековского и Ехигнадзорского районов Армянской ССР. В эпицентральной зоне землетрясением вызваны многочисленные остаточные деформации в виде трещин, оползней, сбросов и острывов, а также повреждения в зданиях (рис. 1, 2).



Рис. 1. Трещина, открывшаяся во время землетрясения
9 июня 1968 г.

Эпицентр землетрясения имел координаты: $\varphi = 39,26^{\circ} \text{N}$;
 $\lambda = 46,17^{\circ} \text{E}$. Магнитуда $M = 5,2$. Интенсивность в эпицентре равна 8 баллам.

Спустя два месяца и двадцать дней, т.е. 1 сентября, после общего спада сейсмической активности в августе месяце, произошло второе сильное землетрясение. Эпицентр землетрясения имел

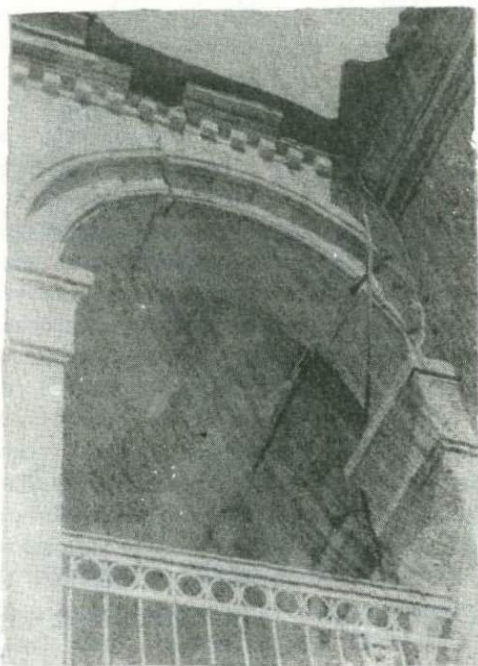


Рис. 2. Фрагмент разрушения фронтона городской больницы в Каджаране

координаты: $\varphi = 39,26^{\circ} \text{N}$ и $\lambda = 46,23^{\circ} \text{E}$. Магнитуда $M = 5,0$. Интенсивность в эпицентре до 8 баллов.

Это землетрясение вызвало новые разрушения зданий, крупные сбросы в горных массивах и обширные остаточные деформации в грунтах в виде значительных трещин.

Местность представляет типично горный ландшафт с глубокими ущельями и высотами порядка 2000–3500 м. Центральное место в орографии района занимает южная часть Зангезурского хребта с его двумя восточными отрогами: Баргушатским хребтом и идущим почти параллельно ему Мегринским хребтом. Между последними в том же, почти широтном направлении, проходит сравнительно небольшой отрог – Зангезуро-Пирамсарский хребет.

Главная из вершин Зангезурского хребта – гора Капутджух (3906 м). Территория является интенсивно себя проявляющей сей-

смической областью и имеет свои собственные разрушительные очаги. Сюда же относятся разрушительные землетрясения далекого прошлого: 1308, 1319, 1622 и 1658 гг. [1].

Последним крупным землетрясением, исследованным и описанным Г.П.Горшковым [2,3] и Райко [4] в этой зоне, является разрушительное землетрясение 27 апреля 1931 года с эпицентром возле города Шуши. Сила землетрясения определялась до 9 баллов по 12-балльной шкале Меркалли - Канкани. Эпицентр определен координатами $\varphi = 39,3^{\circ}N$; $\lambda = 46^{\circ}E$; магнитудой $M = 6,5$. Землетрясение сопровождалось многочисленными последующими толчками. Первые три месяца ощущалось больше десятка повторных толчков с интенсивностью более 4 баллов. Из них отмечено шесть сильных землетрясений, последнее из которых проявилось в Горисском районе. По данным Е.И.Бюсса можно полагать, что отдельные толчки этого очага интенсивностью до 4-5 баллов продолжались до конца 1934 года [3].

По схеме сейсмической опасности, опубликованной в работе по сейсмическому районированию Армении [5], район относится к зоне, где возможны (и уже были зарегистрированы) землетрясения с $6,5 \leq M \leq 7,5$. Изучаемый район по карте сейсмического районирования (1965 г.) находится целиком в 8-балльной зоне.

Для выявления очаговой зоны землетрясения и изучения движения поверхности почвы при повторных толчках большой интенсивности Институт физики Земли АН СССР направил в район землетрясения Эпицентральную сейсмологическую экспедицию для проведения инструментальных наблюдений. Научный и научно-технический состав участников сейсмологических исследований был скомплектован из штатных сотрудников Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта и дополнен временным лаборантским составом, принятым на месте работ.

Инструментальные наблюдения за сильными повторными толчками-афтершоками начались с 13 июня на станции "Каджаран", которая была налажена в подвале полуразрушенной городской больницы. Систематическая регистрация слабых землетрясений с помощью сети сейсмических станций, расположенных вокруг эпицентральной области, началась с 15 июля. Станции были организованы в пунктах: "Каджаран", "Гярд", "Татев" (с 15/X - "Давид-Бек"), "Дастакерт" (рис. 3). При обработке материала мы пользовались также данными стационарной станции "Горис" института физики

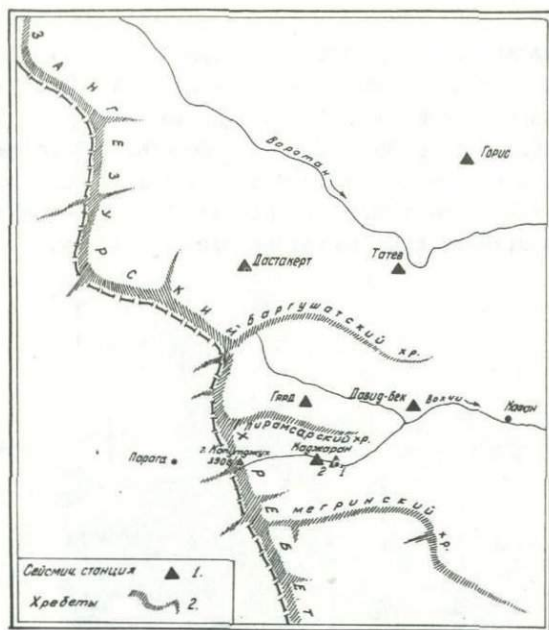


Рис. 3. Схема расположения сейсмических станций

Земли им. О.Ю.Шмидта.

Обработка и интерпретация инструментальных сейсмологических материалов проведены Д.Н.Рустановичем при участии Н.М.Карповой и Т.П.Поляковой. Работу аппаратуры обеспечивали инж.К.Г.Плетнев и ст.лаборант Н.Н.Стороженко.

Эпицентральная сейсмическая экспедиция ИФЗ работала в содружестве и контакте с сотрудниками Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР, работавшими в эпицентральной зоне по изучению землетрясения и его разрушительных последствий.

2. Сейсмическая аппаратура

Станции "Каджаран" и "Гярд", организованные вблизи эпицентра, имели специальную аппаратуру, которая могла регистрировать сильные землетрясения интенсивностью до 8 баллов. Комп-

лект аппаратуры состоял из осциллографа ИСО-2 с сейсмометрами CSC. Скорость развертки - 1см/сек. Установки для регистрации сильных движений почвы работали в ждущем режиме и включались при землетрясениях, начиная с интенсивности 3 балла. Схема расположения сейсмических станций дана на рис. 3.

Осуществлялась регистрация : горизонтальной составляющей (С-Ю) на трех каналах с увеличением: 2,5; 10 и 50. Параметры аппаратуры приведены в табл. I. На рис. 4, 5 и 6 показаны установленные приборы и их частотные характеристики.

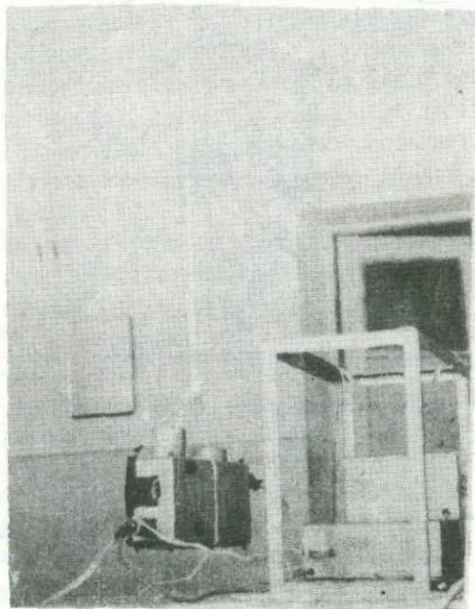


Рис. 4. Осциллограф ИСО-2, подвешенный на резиновом шнуре

Для исключения вибрации гальванометров от некачественной балансировки, регистрирующая камера подвешивалась на 2-метровом резиновом жгуте. Тогда камера на жгуте колебалась с собственным периодом 2-3 сек. и тем самым исключалась наводка на гальванометры паразитных механических колебаний.

С целью регистрации слабых ($K=6-8$) и относительно сильных землетрясений ($K=10-11$) станции "Каджаран", "Гярд", "Дастакерт",

Таблица I

Параметры аппаратуры сейсмических станций

Состав- ляющая	Тип прибора	Период маят- ника в сек.	Период гальв. маят. в сек.	Затух. маят.	Затух. гальв.	Кoeff. связи	Увелич. канала	Продолжительность работы станции
<u>I. Дастакерт (ОСБ-VI)</u>								
С-Ю	ВЭГИК	1,5	0,196	0,70	18	0,6	1750	с 23/УП по 20/X 68
С-Ю	С-5-С	5,0	0,196	0,63	11	0,001	30	
<u>2. Татев - Давид Бек (ОСБ-VI)</u>								
СЗ-ЮВ	ВЭГИК	1,5	0,2	0,70	14	0,6	2500 Татев	с 23/УП по 20/IX 68
СЗ-ЮВ	С-5-С	5,0	0,198	0,65	8	0,001	30 Давид Бек	
<u>3. Каджаран I-II (ОСБ-VI)</u>								
С-Ю	ВЭГИК	1,5	0,2	0,70	12	0,68	2500	с 20/УП по 25/УШ 68
С-Ю	С-5-С	5,0	0,2	0,68	9	0,001	28	
<u>4. Гярд (ОСБ-VI)</u>								
С-Ю	ВЭГИК	1,5	0,203	0,70	18	0,65	2000	с 23/УШ по 10/XI 68
С-Ю	С-5-С	5,0	0,207	0,65	13	0,001	30	
<u>5. Каджаран-I (ИСО-2)</u>								
С-Ю	С-5-С	5,0	0,06	0,66	2,8	0	12,5	с 13/VI по 15/IX 68
С-Ю	С-5-С	5,0	0,053	0,58	2,1	0	70,0	
С-Ю	С-5-С	5,0	0,056	0,6	2,6	0	2,8	
<u>6. Каджаран II (ИСО-2)</u>								
С-Ю	ВЭГИК	1,5	0,062	0,70	2,4	0	74	с 25/УШ по 10/XI 68
С-Ю	ВЭГИК	1,5	0,1	0,70	5,0	0	14	
<u>7. Гярд (ИСО-2)</u>								
С-Ю	С-5-С	5,0	0,105	0,66	4,5	0	6,3	с 23/УП по 10/XI 68
С-Ю	С-5-С	5,0	0,093	0,70	4,7	0	12,5	

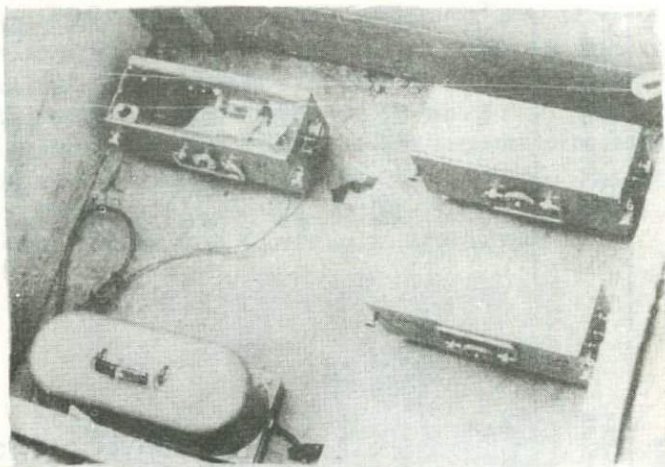


Рис. 5. Сейсмометры ВЭГИК и С5С, установленные на станции Каджаран-2

"Татев" (позже "Давид-Бел") были оборудованы осциллографами ОСБ-VI с двумя датчиками: сейсмометром С5С и вибрографом ВЭГИК. Увеличение каналов соответственно было 30 и 1800 в диапазоне неискаженной записи от 20 до 1 герца; скорость развертки 240 и 120 мм/мин.

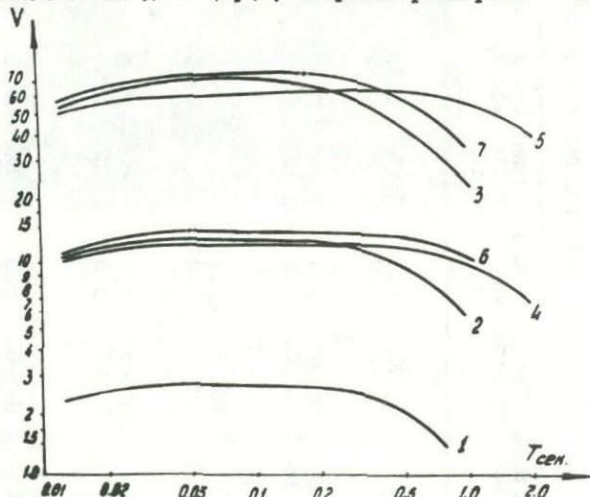


Рис. 6. Частотные характеристики приборов, установленных на станциях: 1, 2, 3-Каджаран-I; 4, 5-Гярд; 6-7-Каджаран-II.

Станция работала круглосуточно. Все каналы сейсмической аппаратуры регистрировали смещение почвы. Служба времени осуществлялась морскими хронометрами, ход которых корректировался радиоприемниками типа "Спидола".

3. Геология мест расположения сейсмических станций

Станция Каджаран расположена на северном склоне долины реки Охчи-Чая, сложенном монцонитами, диоритами, сиенитами эоценовой гранодиоритовой интрузии, закрытыми элювиально-делювиальными чехлами, мощностью от 2-5 до 10 м (рис. 7).



Рис. 7. Геологический разрез под сейсмостанцией Каджаран

Станция Горис расположена в широкой межгорной долине. Горное обрамление ее сложено эффузивными породами,

Станция Дастакерт расположена в районе, сложенном кварцевыми порфирами и порфиритами, разбитыми жилами и прожилками. Коренные породы перекрыты наносами мощностью до 10 м. Верхняя часть (2-5 м) наносов - суглинки, мелкий щебень. В нижней части величина обломков увеличивается до 10-20 см. Обводненность наносов слабая. Приборы установлены в наносах, мощностью до 2-3 м, настилающих скальные породы.

Станция Гатев расположена на пологом склоне, сложенном кайнозойскими эффузивами бурого, темно-серого цвета. Приборы стоят непосредственно на скальных породах.

Станция Гярд расположена в долине реки Гярд-Чай. Склон сложен кайнотиповыми эффузивными породами частично-интрузивными.

Скальные породы перекрыты маломощным осадочным чехлом до 3 м. Приборы установлены в этом чехле на плотных породах.

состоящими из туфовых лав в виде небольших останцев, придающих руинный облик местности; выходят эруптивные дайки и жерла древних вулканов. В долине эффузивные породы перекрыты чехлом из разрушенных эффузивов, мощностью 5 - 10 м.

4. Методика обработки сейсмических наблюдений

С 13 июня сейсмическая станция "Каджаран" регистрировала повторные толчки землетрясения. Станция записывала сильные толчки от 3 до 6 баллов. Анализ осциллограмм с первых же дней показал, что гипоцентральные расстояния определяются разностью фаз продольных и поперечных волн в пределах 0,75-1,3 сек., что могло соответствовать расстояниям 5,0-10,0 км. Учитывая такую локальность очаговой зоны, мы впоследствии установили станции в местах, окружающих эпицентральной зону: в Каджаране, Татеве, Гярде, Дастакерте. Станция Горис своим расположением хорошо дополняла организованную сейсмическую сеть (рис. 3). Такое расположение станций особенно соответствовало тем методам, которые обычно применяются для определения эпицентров в геофизически неизученных районах и которые позволяют определять координаты очагов без знания своростных характеристик среды. Нами с первых дней для определения времени возникновения очага землетрясения и его координат, использовался известный метод Вадати. Практика показала хорошее пересечение хорд окружностей при определении эпицентров и глубин очагов, а также достаточную их надежность (рис. 8, 9). Однако в случае слабых землетрясений или в силу ряда технических причин, по которым мы имели записи не по 5 или 4 станциям, а лишь по трем, мы в дальнейшем воспользовались методом палеток изохрон, предложенным Ю.В.Ризниченко [6], по которому в основном и провели обработку. Годографы и палетки изохрон для глубины очага $h = 4 - 5$ км, которые были получены в процессе обработки металла, приведены на рис. 10, II.

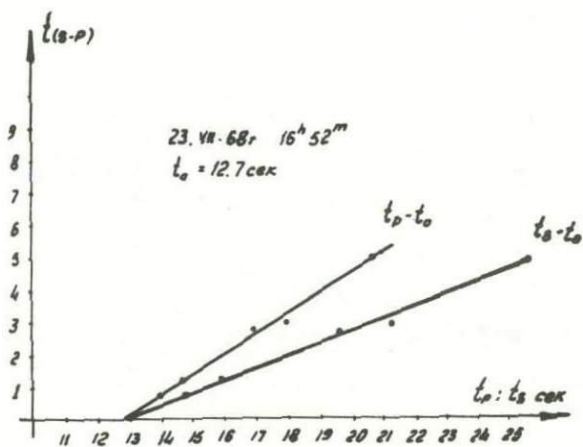


Рис. 8. Определение времени в очаге землетрясения 23 июня 1968 г.

▲ Горис

▲ Дастакорт

▲ Татев

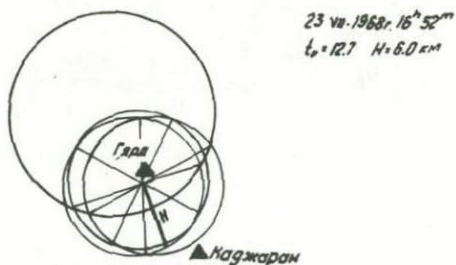


Рис. 9. Определение координат эпицентра и глубины залегания очага землетрясения 23 июня 1968 г.

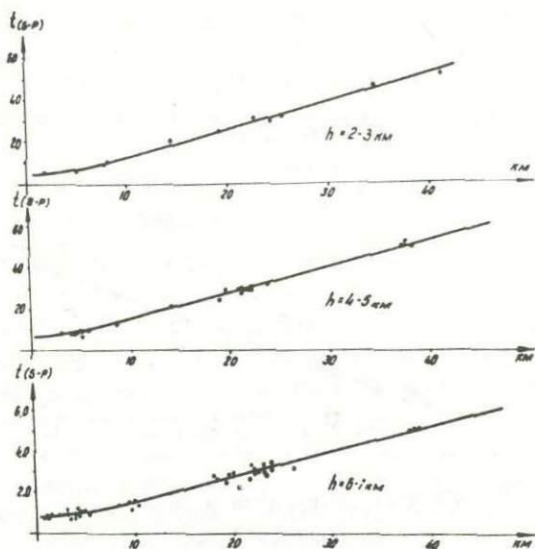


Рис. 10. Годографы фиктивных волн $t(S-P)$ для разных глубин очагов

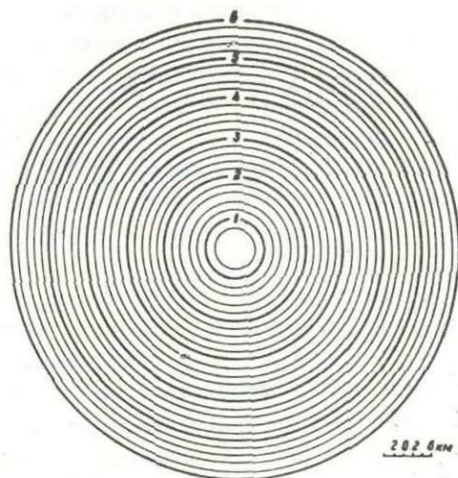


Рис. 11. Палетка изохрон полей времен для глубины очага $h = 4 - 5$ км

5. Оценка точности определения очага

Точность определения эпицентра зависит от количества станций, их расположения относительно очага и от ошибки определения гипоцентрального расстояния по данным каждой из станций [9]. Величина $d\tau$ складывается из ошибок в определениях времени $t(\bar{S} - \bar{P})$ и скорости в данном районе:

$$d\tau = \frac{\partial \tau}{\partial t} dt + \frac{\partial \tau}{\partial v} dv$$

Слагаемые этой суммы можно преобразовать в следующем виде:

$$d\tau_1 = \frac{\partial \tau}{\partial t} dt = v dt \quad ,$$

$$d\tau_2 = \frac{\partial \tau}{\partial v} dv = t dv$$

Средняя скорость распространения фиктивных волн в районе эпицентральной области (станция "Каджаран") равна 7,3 км/сек, при точности определения $\pm 0,5$ км/сек. Времена $t(\bar{S} - \bar{P})$ изменяются от 1,4 до 0,9 сек, при точности определения $\pm 0,1$. Взяв среднее время $\bar{t}(\bar{S} - \bar{P})$, получаем для максимальной ошибки $= 7,3 \cdot 0,1 + 1,2 \cdot 0,5 = 0,73 + 0,6 = 1,33$ км.

Так как ошибки могут иметь разные знаки, то более вероятной будет среднеквадратичная ошибка:

$$d\tau = \sqrt{d\tau_1^2 + d\tau_2^2} = \pm 0,99 \text{ км}$$

6. Эпицентральная зона землетрясений

За период экспедиционных исследований с 13 июня по 10 декабря 1968 г. эпицентральными станциями зарегистрировано более 400 землетрясений в пределах энергетических классов $7 \leq K \leq 14$. Ниже в табл. 2 дано распределение землетрясений по энергетическому классу.

Таблица 2

Количество землетрясений в зависимости от энергетического класса

K	6	7	8	9	10	11	12	13-14	14
Число землетр.	44	167	158	72	27	11	7	1	1

Для 150 землетрясений определены координаты эпицентров, их глубины и составлена карта эпицентров. Эпицентральная зона землетрясения, представленная на рис. 12, вытянута почти в широтном направлении вдоль северного склона Пирамсарского хребта. Протяженность ее около 9 км. Глубина фокальной (разрывной) области нарушений определяется от 2–3 до 6–7 км. Очаги по глубине располагались почти в вертикальной плоскости, которую, вероятно, можно отождествить с плоскостью разрыва, произведенного самыми сильными очагами землетрясений.

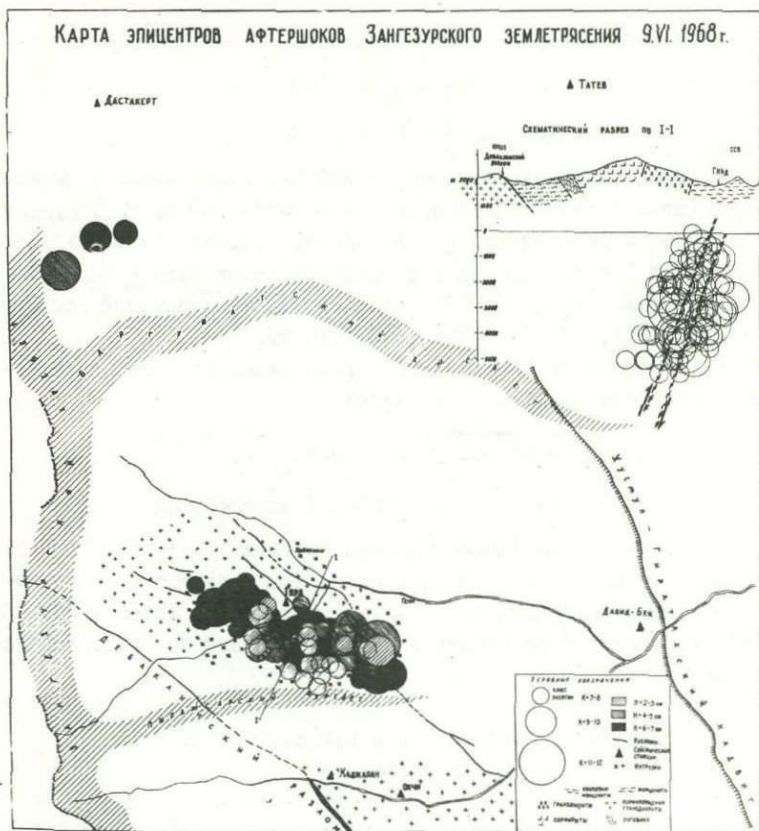


Рис.12. Карта эпицентров афтершочков Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.

Представленная карта составлена по данным сети временных сейсмических станций за период с 23 июля по 24 октября 1968 г. Выявленная зона нарушений окунтурировалась неравномерно. В первый период, т.е. после 9 июня, активно проявлял себя западный (или лежащий к югу) от ст. Гярд участок зоны. По-видимому, и судя по последующему материалу, изложенному ниже, можно предположить, что афтершоки окунтурировали очаговую зону землетрясения, происшедшего 9 июня.

1 сентября 1968 г. произошло второе сильное землетрясение. Его магнитуда равна 4,9-5,0; интенсивность в эпицентре 8 баллов. Его эпицентр, как и рой афтершоков, значительно сместился на краевую область эпицентральной зоны нарушения к юго-востоку от ст. Гярд. Здесь активность участка удерживалась до середины сентября 1968 г. и характеризовалась множеством афтершоков. В дальнейшем миграция очагов наблюдалась по всей разрывной зоне. Так, с середины сентября рой очагов переместился в западный участок зоны, а с 1 октября снова активизировался юго-восточный участок. Таким образом, в процессе наблюдений мы отчетливо наблюдали перемещение очагов землетрясений вдоль всей зоны нарушения. Характер миграции очагов землетрясений по отдельным периодам представлен на рис. 13. В каждом периоде показан "сильный" очаг (энергетического класса $K = IO; II$) с его последующими очагами, которые мы относим к ("вторичным") афтершокам. При таком рассмотрении намечалась определенная зависимость: почти для всех периодов "сильные" очаги находились на большей глубине, чем их афтершоки. По-видимому, можно предположить, что "сильные" очаги землетрясений связаны с основной, первичной картиной деформации, тогда как более слабые и поверхностные отражают вторичные явления деформаций.

Аналогичное мы наблюдали и в других эпицентральных зонах в Туркмении и на Кавказе.

В распределении очагов по глубине всей разрывной зоны аномалий не отмечалось. Очаги распределялись в почти вертикальной плоскости (рис. 12) и в общем равномерно "заполняли" всю область нарушения до глубины 6-7 км.

По расположению эпицентров афтершоков землетрясения, происшедшего 1 сентября, можно высказать предположение, что его очаг явился продолжением одного и того же процесса дальнейшего вспарывания сплошности вдоль зоны в юго-восточном направлении.

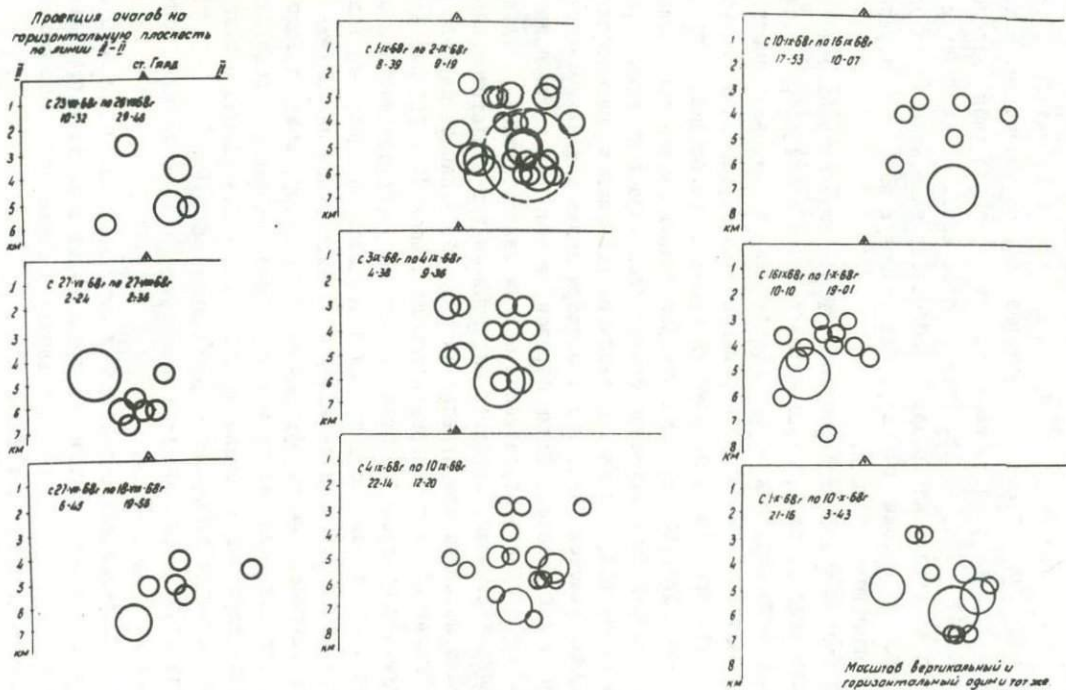


Рис. 13. Схема миграции очагов вдоль разрыва по отдельным периодам

По уровню сейсмической активности можно выделить юго-восточную часть эпицентральной зоны. Здесь было сосредоточено большее число очагов с высоким классом энергии. Следует отметить, что на этом же юго-восточном участке зона резко обрывается. Этот момент, по-видимому, найдет свое объяснение при рассмотрении геологических условий строения района.

Кроме рассмотренной эпицентральной зоны, в наблюдаемом районе нами была выявлена еще одна зона, проявившая себя с незначительной сейсмической активностью, вблизи ст. Дастакерт. Здесь зарегистрировано одно землетрясение с высоким энергетическим классом, которое в Дастакерте проявилось с интенсивностью 4-5 баллов. Эпицентры очагов этой зоны располагались в 2-3 км юго-западнее Дастакерта. Глубина залегания в пределах 5-7 км.

Сейсмический режим Гехи - Гярдской зоны определялся, главным образом, двумя периодами активизации: с 9/6 по 25/8 и с 1/9 по 20/10 1968 года. Энергия в "первом периоде" выделялась чаще всего двумя сильными толчками в 5-6 баллов, следующими друг за другом в течение одного или двух дней. Затем наступал перерыв в несколько дней. Определенной же периодичности выделения энергии в процессе наблюдений нами не подмечено.

Для представления процесса высвобождения энергии очагом рассмотрим два графика (рис. 14). Первый характеризует ход высвобождения условных деформаций, имеющих отношение к землетрясению 9 июня 1968 г., второй же график - к 1 сентября 1968 г. Оба графика весьма схожи и позволяют предполагать, что они соответствуют примерно одному и тому же процессу деформаций (последовательного вспарывания), расположенных по одной линии разрыва. Графики схожи по уровню выделенной суммарной энергии, но различны по величине активных периодов. Высвобождение энергии при втором землетрясении (1 сентября, $M = 5,0$) происходило с большей скоростью (практически за 1,5 месяца) по сравнению с первым очагом (9 июня, $M = 5,2$), процесс высвобождения энергии которого "закончился" через 2,5 месяца.

Сейсмическая активность зоны к концу сентября 1968 г. довольно резко спала и ее слабая активизация, проявившаяся одним землетрясением интенсивностью около 4 баллов, наблюдалась лишь 7 марта 1969 года.

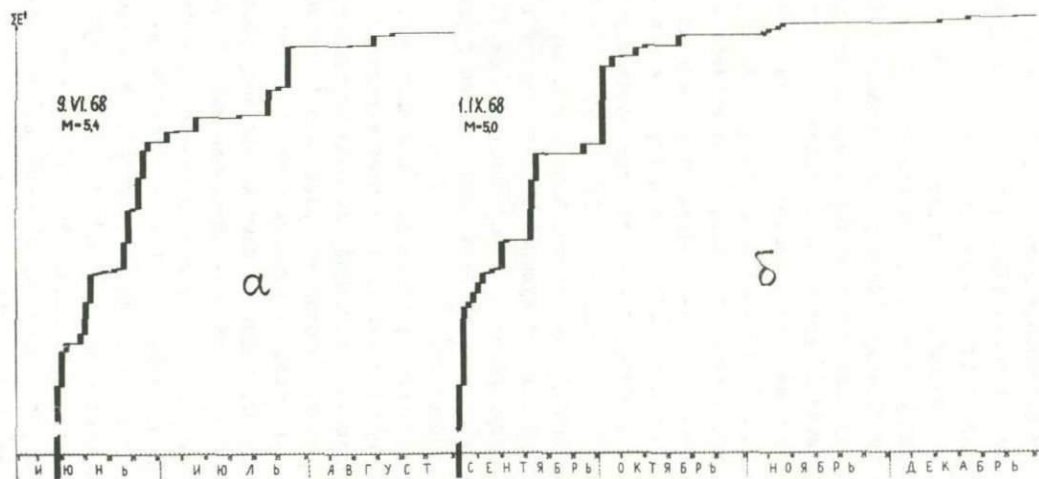


Рис. 14. Графики высвобождения деформаций, построенные после землетрясений: а - 9 июня, б - 1 сентября

7. К вопросу о модели очага Зангерурского землетрясения

Для изучения глубинного процесса, вызвавшего сильные землетрясения 9 июня и 1 сентября 1968 года, его направленности, геологических связей, характера подвижек в очаге и условий возникновения землетрясений в целом мы использовали следующие материалы:

1. Инструментальные сейсмологические данные, полученные при экспедиционных наблюдениях в эпицентральной зоне землетрясений.

2. Макросейсмические данные, собранные в эпицентральной зоне землетрясения.

3. Данные изучения динамических параметров очагов землетрясения, полученные по сейсмограммам удаленных станций сейсмической сети [?].

Экспедиционные исследования. С помощью сети сейсмических станций была выявлена эпицентральная зона землетрясений. Зона, протяженностью в 8-9 км и шириной до 3 км, простирается полосой в направлении с запад-северо-запада на восток-юго-восток и, по-видимому, характеризует протяженность и направленность главного тектонического нарушения.

Фокальная область, выявленная по афтершокам, показывает, что разрыв распространился на глубину до 6-7 км. Проекция очагов на вертикальную плоскость, проведенную в крест эпицентральной зоны по линии I-I, указывает, что разрыв произошел почти в вертикальной плоскости, с некоторым наклоном к югу или, точнее, к юго-юго-западу.

Макросейсмические материалы обследования. Самые большие нарушения произведены в эпицентральной зоне землетрясения, в горном районе. Здесь произошли сбросы, обвалы, каменные осыпи, открылось множество трещин, отдельные из них были весьма значительными. Произошло оползание больших участков породы. Множество трещин отмечалось на южных склонах, обращенных к реке Гехи-Чай. Между селениями Пейхак-Чайкенд и вдоль ущелья реки Гехи-Чай от ее устья до селения Гярд сосредоточены наибольшие повреждения.

Характер нарушений различных построек и жилых домов, вызванных землетрясением, а также массовые признаки, характеризую-

щие направленность подвижек, как, например, падение и сдвиг предметов домашнего обихода, обвалы дувалов, наклон уличных столбов электроосвещения и связи в г.Каджаране, искривление пожарных лестниц, укрепленных на восточных и западных стенах 5-этажных домов, обрушение дымоходов и труб, позволяет определить преобладающее направление основных сил, под действием которых и произошли существенные нарушения. В табл.3 приведены обобщенные наблюдаемые данные по изучению преобладающего направления воздействия максимальной силы землетрясения, характера повреждений и интенсивности.

Таблица 3

Макросейсмические данные землетрясения

Населенный пункт	Преобладающее направление основного разрушительного действия	Характерные повреждения и подвижки	Балльность
1	2	3	4
Дарабаз	с юга	Падение на юг легких предметов в домах и служебных помещениях	VI
Гететаг	с юга	Сдвиги деталей в надгробных памятниках на юг. Падение и подвижка легких предметов	VI-UP
Кавшут	с СЗ на ЮВ	Отслоение в отдельных домах стен к востоку и западу	VI-UP
Багарду	с ЮВ на СЗ	Падение предметов домашнего обихода на юго-восток. Во всех домах трещины. Направленность ЮВ-СЗ	VI-UP
Лернашен	ССВ-ЮЮЗ	Дома, расположенные поперек направления на эпицентр, повреждены	UP

1	2	3	4
		сильнее. Направление подвижек на ЮЮЗ	
Татев	СВ-ЮЗ	Нарушение контактов перекрытий и стен, расположенных к западу. Сдвиг предметов на ЮЗ-СВ	UP
Кюрт	СЮ-ЮЗ	Обвал дувалов и обрушение стен построек (каменных) к юго-западу	UP
Чайкенд	ЮЗ (ЗЮЗ) - СВ (ВСВ)	Отслоение стен домов, обращенных к юго-западу	UP-УШ
Очаты	с ЮЮВ на ССЗ	Падение дымовых труб на ЮЮВ. Направленность трещин в сильно поврежденных домах - ЮЮВ-ССЗ	UP-УШ
Гехи	с ЮВ на СЗ	Обвалы стен в отдельных домах и вывал камней на ЮВ. Падение легких предметов на ЮВ-СЗ	UP-УШ
Кейпапен	с ЮЗ (ЮЮЗ) на СВ (ССВ)	Отслоение южной стороны стен домов. Падение предметов (товаров в магазинах, легких предметов в домах на ЮЮЗ)	УШ
Каджаран	с ЮВ (ЮЮВ) на СЗ (ССЗ)	Наклон, а в отдельных случаях падение столбов электроосвещения и связи. Изгибы в направлении к югу пожарных лестниц, укрепленных на западных и восточных стенах 5-этажных домов, сдвиг к	УШ

1	2	3	4
		югу тяжелых глыб каменной, сдвиг мебели в домах к юго-востоку	УШ

При довольно широком обследовании повреждений, явных нарушений, которые могли бы быть произведены вертикальной составляющей колебаний, отмечено не было. Однако населением, например в пунктах Кейпашен, Гярд, Гехи, Каджаран, указывалось, что "в начале землетрясения ощущался удар снизу и затем наступили более сильные горизонтальные колебания". По-видимому, при землетрясениях как 9/6 1968 г., так и 1/9 1968 г. имели место удары со значительной вертикальной составляющей, однако ее действие в разрушительном процессе не было преобладающим.

Макросейсмические данные позволяют определить преобладающее направление разрушительной силы, действующей в момент землетрясения. Таким направлением определяется северо-северо-западное - юго-юго-восточное. Учитывая наклон к юго-юго-западу фокальной плоскости разрывной зоны, можно предположить, что основные подвижки произошли при относительном движении (смещении) плоскостей разрыва в северо-северо-западном - юго-юго-восточном направлении. Юго-юго-восточному направлению подвижки соответствует ряд нарушений, выраженных трещинами, сбросами, обвалами, а также большой трещиной, открывшейся в коренных породах на участке, расположенном в 0,5 км западнее Кейпашена - Пейхана.

К вопросу о динамических параметрах очагов землетрясений 9/6 68 и 1/9 68 гг. Для определения ориентаций осей напряжений, действующих в очаге в момент землетрясения, а также выяснения возможного направления движения плоскостей разрыва в очаге, в настоящее время разработана специальная методика А.В.Введенской. По указанной методике определение напряженного состояния и возможного направления плоскостей разрыва для землетрясений 9/6 68 г. и 1/9 68 г. проведены Широковой Е.И. [7]. При обработке были использованы сейсмограммы 36 советских и зарубежных сейсмических станций. Результаты обработки землетрясения 9/У1 1968 г. показали следующее: *

*) Данные для очага землетрясения 1 сентября 1968 г. указаны в скобках.

Ось сжатия ориентирована почти меридионально. Азимут ее составляет 347° (342°), угол с горизонтальной плоскостью равен 12° (2°).

Ось растяжения. Ее азимут (254°), угол с горизонтальной плоскостью 45° (43°).

Из двух возможных плоскостей подвижек одна совпадает с плоскостью разрыва, выявленного эпицентральной зоной. Ее данные следующие: плоскость почти широтного простирания; азимут вектора падения 197° (198°); угол, образованный этим направлением с горизонтальной плоскостью 70° (62°); плоскость круто падает на юго-юго-запад; верхнее (южное) крыло имеет направление движения вверх, с одновременным смещением к западу-северо-западу.

Данные динамических параметров двух сильных землетрясений 9 июня и 1 сентября указывают, что как ориентация осей напряжений, так и направления движения плоскостей разрывов для обоих землетрясений весьма тождественны.

Таким образом, землетрясение 1 сентября произошло в условиях в тех же направлениях действующих сжимающих и растягивающих напряжений.

Из двух возможных плоскостей разрыва, вычисленных Е.И.Широковой, наиболее вероятной (судя по эпицентральной зоне) будет плоскость разрыва почти широтного простирания, направление которой подтверждается простиранием эпицентральной зоны. Здесь, кроме выявленного направления движения вверх верхнего крыла разрыва, мы узнаем об одновременном сдвиге его примерно под углом 45° к западу-северо-западу (вдоль плоскости разрыва).

8. Механизм очага землетрясения

Землетрясения, происшедшие 9 июня и 1 сентября, были вызваны глубинным тектоническим разрывом, отождествленным на поверхности эпицентральной зоной афтершоков землетрясений. Причем афтершоки землетрясения 9 июня располагались в северо-западном участке эпицентральной зоны. Рой эпицентров афтершоков после землетрясения 1 сентября заполнил юго-восточную часть зоны. Таким образом, процесс вспарывания разрыва проходил в направлении с запада-северо-запада на восток-юго-восток. Разрыв на поверхность не вышел. Глубина его фокальной (разрывной зоны) определяется в 2-7 км.

Преобладающее направление разрушительных воздействий, выявленное по многочисленным макросейсмическим данным, определено как северо-запад - юго-восток.

При определении относительных подвижек разрыва указаны два возможных относительных смещения плоскостей разрыва, при которых: 1) верхнее (южное) крыло разрыва подвинулось вверх с одновременным смещением по плоскости разрыва к западу-северо-западу, т.е. произошел взбрососдвиг; 2) нижнее (северное) крыло опустилось со сдвигом по плоскости разрыва к востоку - юго-востоку, т.е. движение можно рассматривать как поддвиг.

Многочисленные и значительные нарушения в грунтах на северном крыле, с раскрытием больших трещин в коренных породах, а также ряд данных о разрушениях при землетрясении 1931 года и геологические данные, указывающие на унаследованное в целом движение прошлого в этом районе, где происходили сильнейшие землетрясения, позволяют нам рассматривать северное крыло, возможно, как наиболее подвижное. Есть основание предполагать движение северного крыла по разрыву при землетрясениях 9 июня и 1 сентября доминирующим.

9. Характеристика колебаний поверхности грунта при сильных землетрясениях

Как уже указывалось ранее, регистрация сильных движений почвы производилась инженерным осциллографом ИСО-2, приспособленным нами для регистрации сильных землетрясений. Датчики-сейсмометры С5С были установлены в подвале городской больницы на глубине 4 м на бетонированном полу. Запись производилась по одной составляющей С-Д и на трех уровнях увеличения каналов.

Интенсивность сотрясения оценивалась по шкале MSK-1964. В процессе наблюдений в эпицентральной зоне был получен ряд записей-осциллограмм смещений почвы (рис. 15). Результаты вычисления колебательной скорости и ускорения при различной балльности представлены в табл. 4.

Значения смещений, скоростей и ускорений, соответствующие различным баллам, приведены на рис. 16.

Инструментальные данные зангезурских
землетрясений

Дата и время землетрясений	T_{\max} в сек.	X_{\max} в мм	\dot{X}_{\max} в мм/сек	\ddot{X}_{\max} в мм/сек ²	Балл
26/06 68 02-08	0,26	0,25	6,0	140	IV
01/09 68 16-43	0,27	0,35	8,0	190	IV
03/09 68 01-38	0,25	0,46	11,5	293	IV-V
4/09 68 19-13	0,27	0,67	15,6	370	V
26/7 68 23-22	0,26	0,76	18,0	415	V-VI
01/09 68 05-39	0,36	12,0	220	3400	VI-VIII

10. Спектральные особенности колебаний
поверхности грунта при сильных
афтершоках

Как показали инструментальные исследования в эпицентральных областях различных в геологическом отношении районов, наибольший разрушительный эффект несут поперечные волны \bar{S} . Поэтому спектральные характеристики записей колебаний сильных землетрясений нами рассматривались в поперечной волне \bar{S} , на горизонтальной составляющей.

Амплитудно-частотные спектры смещений в волне \bar{S} рассчитаны на ЭВМ по программе расчета спектров Фурье, составленной в ФИХФ АН СССР Н.И. Дурковым.

Серии спектров смещений, соответствующих землетрясениям различной интенсивности представлены на рис. 17. Наблюдается значительное расширение спектра с увеличением ин-

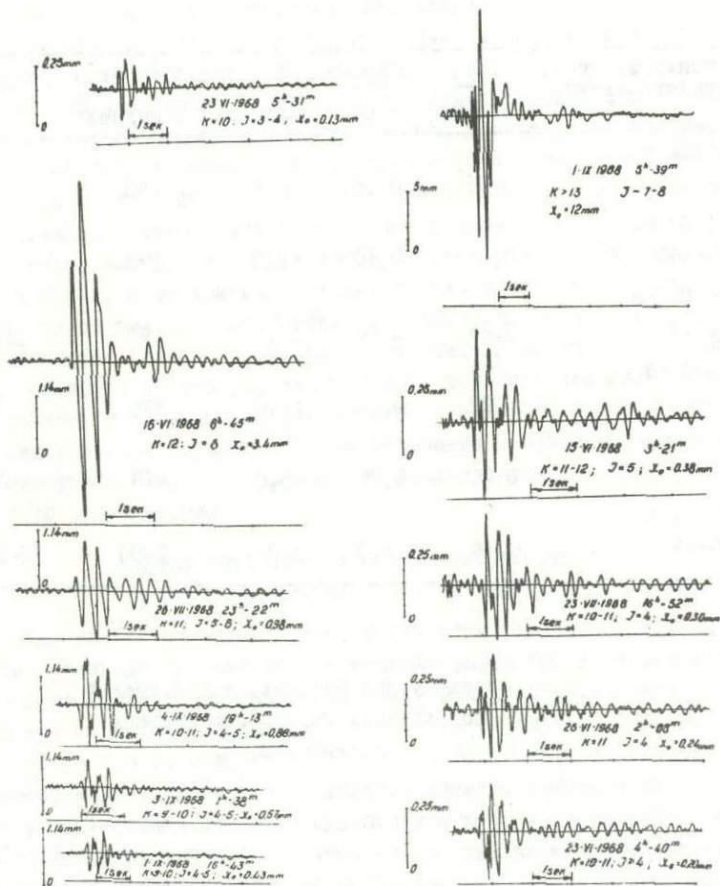


Рис. 15. Осциллограммы сильных толчков, зарегистрированных станцией "Каджаран".

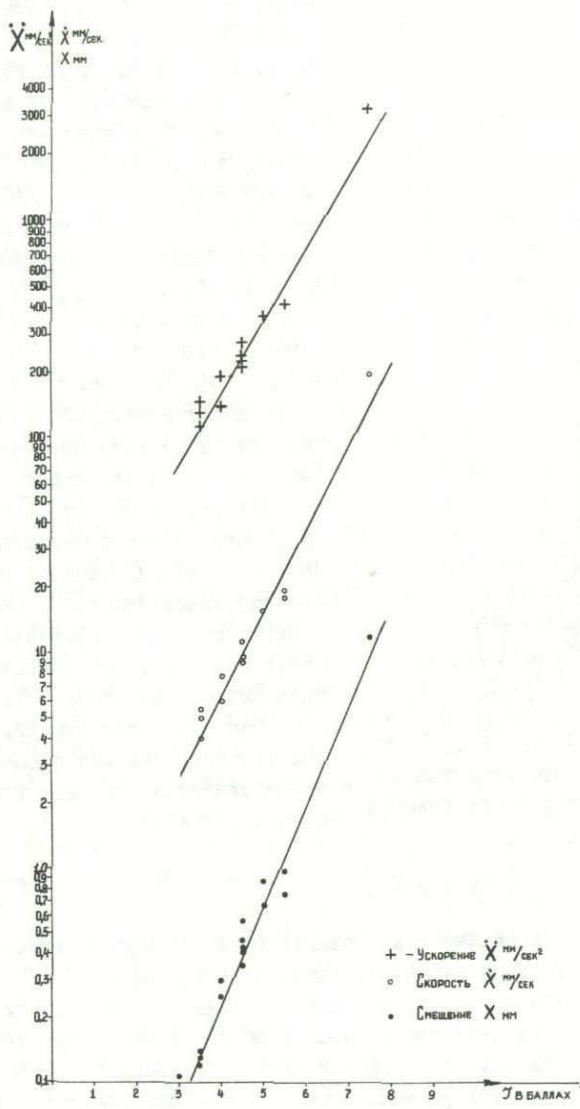


Рис. 16. Графики зависимости смещений, скоростей и ускорений от интенсивности толчков в бадмак

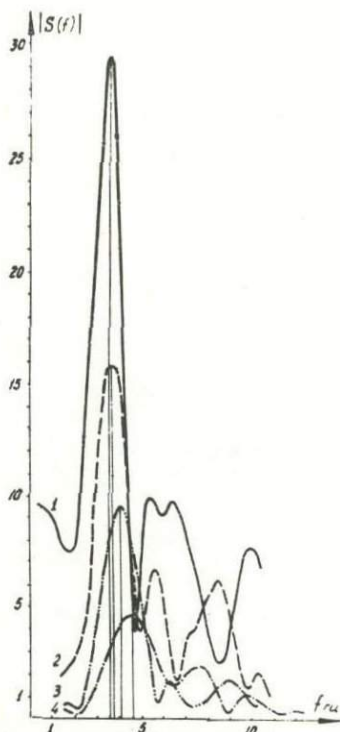


Рис. 17. Спектры смещений различной интенсивности

тенсивности (энергии) землетрясения. Главный максимум спектра, несущий разрушительный эффект на поверхности земли, с увеличением интенсивности землетрясения смещается в область низких частот от 4,5 герц при 3-4-балльном землетрясении ($K=10$) до 2,5 герц при 7-8-балльном землетрясении ($K=13-14$). На рис. 17 приведены спектры землетрясений: 1-16 июня; 2-1 сентября 16 ч. 43 мин; 3 - 23 июня 5 ч. 40 мин; 4-23 июня 6 ч. 31 мин.

Смещение максимумов спектров при увеличении энергии землетрясения (интенсивности) в область низких частот, по-видимому, должно обратить внимание специалистов, использующих слабые землетрясения для целей сейсмического микрорайонирования. При очень сильных землетрясениях, как, например, Зангезурское 1931 года, по-видимому, можно ожидать более широкого сплошного спектра, покрывающего выявленные в нашем случае резонансы.

II. Выводы

1. Эпицентральная зона характеризует область тектонического нарушения, охватывающего верхние слои земной коры до глубины 7 км. Нарушение - разрыв, распространившийся на 8,5 км в направлении с запада-северо-запада на восток-юго-восток, проходит через Гехи-Гярдский интрузивный массив вблизи узла тектонического пересечения северо-западного, северо-восточного и ранее гипотетического, а ныне подтвержденного эпицентральной зоной субширотного направления.

2. В отличие от землетрясения 1931 года, охватившего весь

массив интрузии, тектоническое нарушение 1968 года оказалось более локальным и произошло только в пределах Режи-Гярдского массива.

3. Совпадение наиболее высоких участков рельефа с подвижной очаговой зоной, проявившейся землетрясением 1968 года, позволяет считать, что последнее представляет собой элемент продолжительного, направленного неотектонического процесса, сформировавшего (и формирующего) современный горный рельеф Зангезурского района. В таком случае направление тектонических движений будет скорее всего сохраняться и впредь и, таким образом, возникновение очагов землетрясений в будущем наиболее вероятно по-прежнему вдоль разломов субширотного простирания и прежде всего вдоль наиболее отчетливо проявленных Гярдской и Дастакертской зон разломов.

4. Явление миграции очагов землетрясений указывает на последовательный направленный процесс формирования разрыва, вспарывание которого проходило на глубине 2-7 км в направлении с запада-северо-запада на восток-юго-восток.

5. Сейсмическая активизация в районе Дастакерта, выявленная в период экспедиционных наблюдений и проявившаяся землетрясениями с интенсивностью до 5 баллов, указывает на потенциально-сейсмическую опасность этой зоны. Учитывая, что районы Дастакерта и Татева были разрушены землетрясением в 1931 году, ведущееся в настоящее время широкое строительство на территории указанных районов должно проводиться со всей строгостью учета антисейсмических мероприятий.

6. Полученная зависимость между интенсивностью (баллом) землетрясения, энергетическим классом, кинематическими и динамическими параметрами колебательного процесса для серии землетрясений, зарегистрированных в эпицентральной зоне с интенсивностью от 2-3 до 7-8 баллов, должна быть широко использована проектирующими организациями в рассмотренном регионе.

7. Спектральный анализ осциллограмм ряда землетрясений различной интенсивности, полученных в эпицентральной зоне, выявил преобладающую частоту и ряд особенностей изменения спектра в наиболее опасном для сооружений диапазоне частот.

Л и т е р а т у р а

1. Бюсс Е.и. Сейсмические условия Закавказья, Тбилиси, 1948.
2. Горшков Г.П. Геологические условия Зангезурского землетрясения 27 апреля 1931 года. Тр. СИ, № 31.
3. Горшков Г.П. Зангезурская сейсмическая экспедиция. Тр. СОПС, Сб. Академии наук, 1931 г. Научно-популярный сборник, 1932.
4. Райко Н.В. Зангезурская сейсмическая экспедиция. "Вестник АН СССР", 1932.
5. Карапетян Н.К., Мкртчян С.С., Паффенгольц К.Н. Сейсмическое районирование СССР. Армения. М., изд. "Наука", 1968.
6. Ризниченко Ю.В. Методы массового определения координат очагов землетрясений и скоростей сейсмических волн в области расположения очагов. "Известия АН СССР, сер. геофизическая", № 4, 1958.
7. Широкова Е.И. О динамических параметрах очагов Зангезурского землетрясения. Сб. "Землетрясения в СССР в 1968 г.", изд. "Наука", АН СССР.
8. Рустанович Д.Н. Очаговая зона Зангезурского землетрясения 1968 года и особенности ее проявления на поверхности Земли. Сб. "Землетрясения в СССР в 1968 г.", изд. "Наука", АН СССР.
9. Бунз В.И. и др. Методы детального изучения сейсмичности. Тр. Ин-та физики Земли им. О.Ю.Шмидта, М., изд. АН СССР, 1960.

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ЗАНГЕЗУРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1968 г. О СЛОЕ В ЗЕМНОЙ КОРЕ, ВЫЯВЛЕННОМ ПО ДАННЫМ ЭТИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

9 июня 1968 г. в 0 ч.56 мин. гринвического времени в Зангезуре произошло сильное землетрясение с магнитудой порядка 5.

Это землетрясение было записано большим числом сейсмических станций Советского Союза, а также сейсмическими станциями зарубежных стран. Наибольшая дальность регистрации составляет 5030 км (станция "Якутск"). Самой близко расположенной к эпицентру станцией является сейсмическая станция "Горис" ($\Delta = 34$ км).

Положение эпицентра и глубина залегания очага Зангезурского землетрясения 9/VI 1968 г. нами определены по палетке годографов сейсмических волн для территории Армянского нагорья и Малого Кавказа, а также по другим методам. При этом использованы сейсмограммы всех сейсмических станций Кавказа. Палетка годографов сейсмических волн для Армянского нагорья и Малого Кавказа построена нами в 1968 г. на основании анализа большого количества сейсмограмм [1]. Были пересмотрены наблюдения Кавказских станций за 1933-1964 гг. и отобраны данные о 120 землетрясениях, эпицентры которых расположены во всех областях Малого Кавказа и прилегающей части Армянского нагорья. Поэтому годограф, построенный на основании данных этих землетрясений, должен обеспечивать примерно одинаково хорошие результаты при интерпретации наблюдений над землетрясениями отдельных районов территории Малого Кавказа.

подавляющее большинство отобранных землетрясений относится к периоду после 1952 г., т.е. ко времени получения наиболее качественного материала на Малом Кавказе, что также обеспечивает достаточную надежность построенного годографа.

Сейсмические элементы всех 120 землетрясений определены по методам, не зависящим от годографа. Время в очаге определялось по способам Е.Ф.Саваренского [2] и В.Т.Архангельского [3]. Для определения координат эпицентров землетрясений использованы методы Вадати, Исикава, азимутов, средних линий и т.д. При этом координаты эпицентра землетрясения определены одновременно дву-

мя и более способами. Глубина залегания очага найдена по методу Вадати, а в отдельных случаях - по методу Исикава.

Для построения годографа прямых продольных \bar{P} и поперечных \bar{S} волн представляло интерес выяснить изменение скорости распространения этих волн по глубине слоя. С этой целью методом наименьших квадратов были определены скорости распространения указанных волн при глубине залегания очагов землетрясений в 0, 10, 20, 30 и 35 км.

Значения скоростей распространения волн для различных глубин залегания очагов получились соответственно равными:

$$\begin{aligned}V_{\bar{P}} &= (5,81 \pm 0,03) \text{ км/сек.}, & V_{\bar{S}} &= (3,39 \pm 0,01) \text{ км/сек.} & \text{при } h &= 0 \text{ км;} \\V_{\bar{P}} &= (5,77 \pm 0,06) \text{ км/сек.}, & V_{\bar{S}} &= (3,36 \pm 0,02) \text{ км/сек.} & \text{при } h &= 10 \text{ км;} \\V_{\bar{P}} &= (5,79 \pm 0,05) \text{ км/сек.}, & V_{\bar{S}} &= (3,38 \pm 0,02) \text{ км/сек.} & \text{при } h &= 20 \text{ км;} & (1) \\V_{\bar{P}} &= (5,68 \pm 0,03) \text{ км/сек.}, & V_{\bar{S}} &= (3,32 \pm 0,01) \text{ км/сек.} & \text{при } h &= 30 \text{ км;} \\V_{\bar{P}} &= (5,76 \pm 0,03) \text{ км/сек.}, & V_{\bar{S}} &= (3,37 \pm 0,01) \text{ км/сек.} & \text{при } h &= 35 \text{ км.}\end{aligned}$$

При рассмотрении полученных значений $V_{\bar{P}}$ и $V_{\bar{S}}$ можно отметить, что они мало различаются между собой и что разница этих значений для различных глубин залегания очагов землетрясений находится в пределах средней квадратической ошибки определения скоростей. Следовательно, можно считать, что до глубины 35 км скорости распространения в земной коре прямых продольных и поперечных сейсмических волн на территории Армянского нагорья и Малого Кавказа практически постоянные.

Для различных глубин залегания очагов землетрясений определена также величина фиктивной скорости K_{φ} распространения волн $\bar{S} - \bar{P}$ в земной коре. Величина K_{φ} изменяется в пределах от 7,6 до 8,4 км/сек. Однако какой-либо закономерности в зависимости K_{φ} от глубины залегания очага землетрясения, эпицентрального расстояния или азимута на эпицентр не наблюдается. Среднее значение K_{φ} , определенное по данным 105 землетрясений, получилось равным 8 км/сек.

Для построения годографа прямых продольных и поперечных волн Армянского нагорья и Малого Кавказа по данным 120 землетрясений были определены скорости распространения прямых продольных и поперечных волн:

$$V_{\bar{P}} = (5,78 \pm 0,01) \text{ км/сек.}, \quad V_{\bar{S}} = (3,37 \pm 0,01) \text{ км/сек.} \quad (2)$$

Следовательно, отношение скоростей распространения прямых продольных и поперечных волн в условиях Малого Кавказа составляет

$$V_{\bar{P}} : V_{\bar{S}} = 1,72 . \quad (3)$$

Формулы для определения времени пробега волн \bar{P} и \bar{S} на Малом Кавказе в зависимости от эпицентрального расстояния примут вид:

$$t_{\bar{P}} = \frac{\sqrt{h^2 + \Delta^2}}{5,78} \pm 0,52, \quad (4)$$

$$t_{\bar{S}} = \frac{\sqrt{h^2 + \Delta^2}}{3,37} \pm 0,46.$$

Полученные значения средних квадратических ошибок в определении времен пробега волн \bar{P} и \bar{S} не превосходят точности отсчета времени вступлений этих волн по сейсмограммам (0,5 сек), что объясняется большим количеством использованных сейсмограмм, их тщательным отбором, а также тем, что использованы сейсмограммы землетрясений, происшедших на территории Армянского нагорья и Малого Кавказа, полученные на станциях также Малого Кавказа.

При рассмотрении большого количества сейсмограмм землетрясений Малого Кавказа, кроме вступлений головных волн P и S , диффрагированных на границе "Мохоровичича", были отмечены также вступления волн P^* и S^* , диффрагированных на границе "гранит" - "базальт" внутри земной коры. Разница в глубинах залегания очагов рассматриваемых землетрясений (от 0 до 35 км) существенно влияет на годографы диффрагированных волн. Поэтому для получения однородного материала времена пробега отдельных волн были приведены к одной глубине залегания очага в 20 км. Для этой цели скорости распространения продольных и поперечных волн в "базальте" и "подкорovém веществе" были получены путем построения годографов волн для отдельных землетрясений.

После приведения времен пробега волн к глубине 20 км для волн P^* , S^* , P и S были составлены системы уравнений типа:

$$t_n = x + y \Delta_n, \quad (5)$$

где $y = \frac{1}{V_{P^*}}$, $x = (2D_1 - h) \sqrt{\frac{1}{V_{\bar{P}}^2} - \frac{1}{V_{P^*}^2}}$ в случае волн P^* ,

$y = \frac{1}{V_{S^*}}$, $x = (2D_1 - h) \sqrt{\frac{1}{V_{\bar{S}}^2} - \frac{1}{V_{S^*}^2}}$ в случае волн S^* ,

$$y = \frac{1}{V_P}, x = (2Z_1 - h) \sqrt{\frac{1}{V_P^2} - \frac{1}{V_P^2}} + 2Z_2 \sqrt{\frac{1}{V_P^2} - \frac{1}{V_P^2}} \text{ в случае волн P} \quad (6)$$

$$y = \frac{1}{V_S}, x = (2Z_1 - h) \sqrt{\frac{1}{V_S^2} - \frac{1}{V_S^2}} + 2Z_2 \sqrt{\frac{1}{V_S^2} - \frac{1}{V_S^2}} \text{ в случае волн S} .$$

В выражениях (6) Z_1 - мощность "гранитного" слоя, а Z_2 - мощность "базальтового" слоя.

Эти системы уравнений были решены по схеме Гаусса способом наименьших квадратов и, в результате, были получены выражения для определения времен пробега сейсмических волн в зависимости от эпицентрального расстояния для глубин залегания очага 20 км, в виде:

для волны	P^*	$t = 4,172 + 0,154 \Delta \pm 0,665,$	
" "	S^*	$t = 6,745 + 0,272 \Delta \pm 0,833,$	
" "	P	$t = 8,886 + 0,126 \Delta \pm 0,699,$	(7)
" "	S	$t = 16,393 \pm 0,221 \Delta \pm 0,723.$	

По коэффициентам при y в уравнениях (6) получены следующие значения скоростей распространения продольных и поперечных волн в промежуточном слое - "базальт", а также в подкоровом веществе:

$$\begin{aligned} V_{P^*} &= (6,50 \pm 0,08) \text{ км/сек,} & V_{S^*} &= (3,68 \pm 0,04) \text{ км/сек,} \\ V_P &= (7,96 \pm 0,20) \text{ км/сек,} & V_S &= (4,53 \pm 0,07) \text{ км/сек.} \end{aligned} \quad (8)$$

Следовательно, отношения скоростей продольных и поперечных волн, диффрагированных на границе "гранит" - "базальт" и "базальт" - подкоровое вещество, примерно одинаковые, а именно:

$$V_{P^*} : V_{S^*} = 1,77, \quad V_P : V_S = 1,76. \quad (9)$$

На основе полученных значений скоростей распространения волн, из уравнений (6) определены мощности слоев земной коры:

по волне	P^*	$Z_1 = (36,4 \pm 2,4) \text{ км,}$	
" "	S^*	$Z_1 = (38,4 \pm 2,4) \text{ км,}$	(10)
" "	P	$Z_2 = (14,6 \pm 3,4) \text{ км,}$	
" "	S	$Z_2 = (16,1 \pm 2,3) \text{ км.}$	

Таким образом, мощность "гранитного" слоя в среднем равна 37 км, а промежуточного - 15 км.

Полученные значения скоростей продольных и поперечных волн позволили определить отношения модуля всестороннего сжатия K к

плотности ρ в отдельных слоях. Для "гранитного" слоя это отношение оказалось равным $18,3 \cdot 10^{10} \text{ CGS}$, для промежуточного слоя — $24,2 \cdot 10^{10} \text{ CGS}$ и для подкорового вещества — $36,0 \cdot 10^{10} \text{ CGS}$

При сравнении этих величин со значениями κ/ρ , полученными при лабораторном изучении различных горных пород [4], можно отметить, что первый слой соответствует гранитам, промежуточный слой — тахилитам и диоритам, а подкоровое вещество — дунитам.

Полученное среднее значение мощности земной коры Армянского нагорья и Малого Кавказа находится в хорошем соответствии с величиной мощности коры в отдельных пунктах исследуемой территории (50–54 км), определенной нами ранее телесеismicическим методом [5].

Приняв величину мощности первого слоя — 37 км, промежуточного слоя — 15 км и используя полученные значения скоростей, рассчитаны времена пробега и построены годографы сейсмических волн для глубин залегания очага: 0, 10, 20, 30, 40 и 50 км.

Имея построенную палетку годографов для территории Армянского нагорья и Малого Кавказа при различных глубинах залегания очага, можно одновременно определить координаты эпицентра и глубину залегания очага землетрясения путем подбора годографа, наибольшим образом соответствующего наблюдаемым данным вступлений волн на сейсмических станциях. На рис. 1, 2 показано определение координат эпицентра и глубины залегания очага Зангезурского землетрясения 9 июня путем использования построенной палетки годографов для различных глубин. Как следует из этих фигур, наилучшее соответствие, т.е. наименьшая область пересечения засечек, получается при использовании годографа для глубины залегания очага в 10 км, а затем несколько худшее — для 20 км.

Для этих же глубин получилось лучшее соответствие также величин моментов возникновения землетрясения 9 июня, вычисленных из времен пробега продольных волн (табл. I). Следовательно, глубина залегания очага землетрясения находится между 10 и 20 км, но несколько ближе к 10 км.

Действительно, глубина очага этого землетрясения, определенная по временам пробега прямых волн до ближайшей сейсмической станции "Горис", получилась равной 14 км, а по известной номограмме сопоставления J_0 , M и h Н.В.Шебалина — 12 км [6].

Приняв эпицентр землетрясения в центре тяжести области пе-

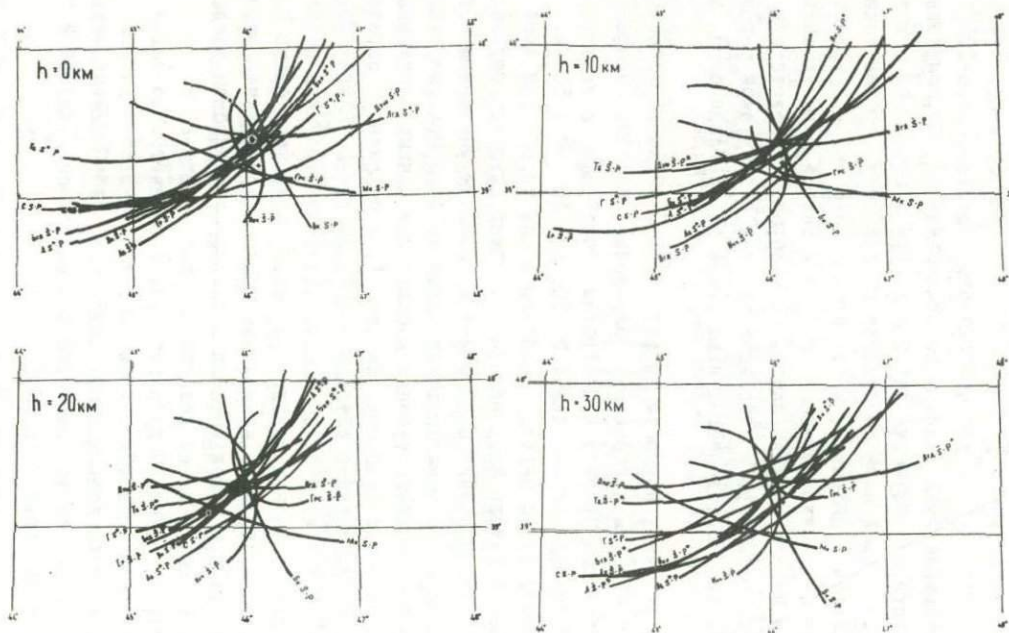


Рис. 1. Определение координат эпицентра и глубины залегания очага землетрясения 9 июня 1968 г. при использовании годографа Армянского нагорья для глубины $h = 0, 10, 20, 30 \text{ км}$.

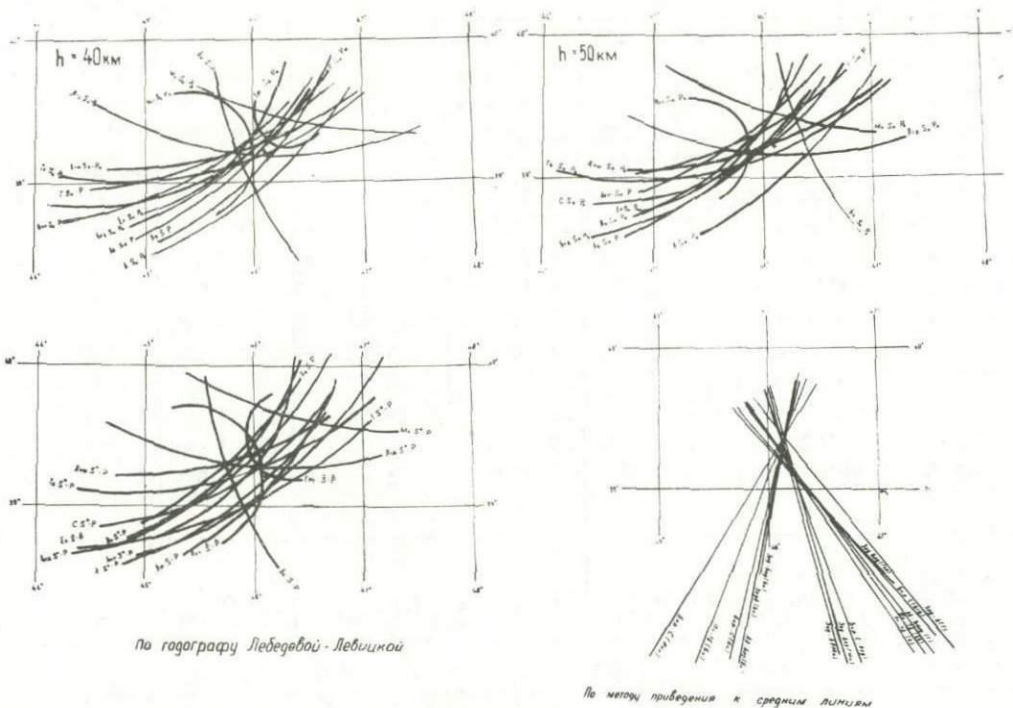


Рис. 2. Определение координат эпицентра и глубины залегания очага землетрясения 9 июня 1968 г. при использовании годографа Армянского нагорья для глубины $h = 40, 50$ км, а также при использовании годографа Левицкой-Лебедевой и способа средних линий

Таблица I

Результаты определения момента возникновения Зангезурского
землетрясения 9/VI 1968 г.

Станция	Значения t_0 , определенные по годографу Н.К.Карпетян						Значения t_0 , определенные по годографу А.Я.Левитцкой и Т.М.Лебеде- вой при = 25 км
	при $h=0$ км	при $h =$ = 10 км	при $h =$ = 20 км	при $h =$ = 30 км	при $h =$ = 40 км	при $h =$ = 50 км	
I	2	3	4	5	6	7	8
Степанаван	56мин.28,6с.	56м.28,7с.	56м.28,7с.	56м.28,9с.	56м.29,6 с.	56м.28,8с.	56м.29,7сек.
Лагодехи	56 " 29,3"	56" 29,8"	56" 26,7"	56" 28,6"	56" 29,8 "	56" 29,1"	56" 29,2 "
Тбилиси	56" 29,3"	56" 29,3"	56" 26,6"	56" 28,7"	56" 26,3"	56" 25,7"	56"29,1 "
Богдановка	56" 31,1"	56" 27,3"	56" 28,6"	56" 30,5"	56" 28,2"	56" 27,6"	56" 31,2 "
Ахалкалаки	56" 28,8"	56" 29,9"	56" 30,3"	56" 26,6"	56" 23,5"	56" 22,5"	56" 28,3 "
Душети	56" 26,6"	56" 27,5"	56" 29,5"	56" 31,1"	56" 28,6"	56" 27,5"	56" 32,3 "
Гори	56" 27,8"	56" 29,0"	56" 30,2"	56" 31,4"	56" 33,1"	56" 34,4"	56" 26,9 "
Бакуриани	56" 28,8"	56" 30,0"	56" 31,2"	56" 32,4"	56" 34,1"	56" 35,4"	56" 28,0 "
Абастумани	56" 27,5"	56" 28,1"	56" 29,2"	56" 30,5"	56" 32,2"	56" 32,5"	56" 32,6 "
Ереван	56" 29,7"	56" 29,9"	56" 29,7"	56" 29,5"	56" 30,9"	56" 30,8"	56" 30,0 "
Горис	56" 28,0"	56" 28,0"	56" 28,0"	56" 28,0"	56" 27,8"	-	56" 27,6 "
Нахичевань	56" 27,1"	56" 28,0"	56" 27,9"	56" 27,7"	56" 27,9"	56" 28,2"	56" 27,7 "
Ленинакан	56" 30,5"	56" 29,7"	56" 32,1"	56" 29,2"	56" 32,3"	56" 31,2"	56" 29,3 "
Б а к у	56" 28,8"	56" 29,0"	56" 29,0"	56" 29,4"	56" 29,3"	56" 29,4"	56" 25,6 "
Махачкала	56" 27,1"	56" 27,4"	56" 27,6"	56" 27,7"	56" 29,3"	56" 27,8"	56" 36,2 "
Среди. значен.	56мин 28,6с.	56м.28,8с.	56м.29,0с.	56м.29,3с.	56м.29,5с.	56м.29,4с.	56м.29,6 с.

ресечений засечек, полученных при использовании годографа для глубины залегания очага в 10 км, получены следующие координаты эпицентра землетрясения: $\varphi = 39^{\circ}16'$ и $\lambda = 46^{\circ}06'$. При этом погрешность в определении положения эпицентра не превосходит 10 км.

На рис. 2 показано определение положения эпицентра землетрясения 9 июня 1968 г. по годографу Левизкой-Лебедевой для всего Кавказа. Следует отметить, что при этом получается большой разброс засечек, проведенных по эпицентральному расстоянию, а также величин момента возникновения землетрясения, вычисленных по временам пробега продольных волн (табл. I).

Эпицентр Зангезурского землетрясения 9 июня определен нами также по способам, не зависящим от годографа. Координаты эпицентра, определенные таким путем, практически совпадают с координатами, определенными по нашей палетке годографов. На рис. 2 показано определение положения эпицентра землетрясения по способу средних линий. Координаты эпицентра при этом оказались следующими: $\varphi = 39^{\circ}15'$ и $\lambda = 46^{\circ}07'$.

Для Зангезурского землетрясения 9 июня нами построены экспериментальные годографы наблюдаемых сейсмических волн (рис. 3 а) и определены скорости их распространения. Полученные значения скоростей при этом землетрясении приведены в табл. 2.

Таблица 2
Скорости распространения сейсмических волн при
Зангезурском землетрясении 9/VI 1968 г.

С л о й	Продольные волны	Поперечные волны
Гранитный	5,80 км/сек.	3,49 км/сек.
Базальтовый	6,56 км/сек.	3,70 км/сек.
Подкорový	7,96 км/сек.	4,50 км/сек.

Скорости распространения сейсмических волн оказались близкими к средним значениям скоростей распространения соответствующих волн для всей территории Армянского нагорья и Малого Кавказа, определенным нами ранее (см. 2 и 8).

При обработке записей землетрясения 9 июня нами выявлено, что на сейсмограммах станций, расположенных к северо-западу от эпицентра землетрясения, начиная с эпицентрального расстояния

ния 280 км, между вступлениями волн Р и S отмечается четкое вступление неизвестной волны P_x . Эта волна прослеживается на сейсмограммах до эпицентрального расстояния 580 км и имеет постоянный период колебаний 0,8 сек., не изменяющийся от эпицентрального расстояния. По данным 10 станций, где при землетрясении 9 июня прослеживается волна P_x , построен экспериментальный годограф этой волны, согласно которому скорость ее распространения равна 6,40 км/сек (рис. 3а). Волна P_x отмечена также на сейсмограммах второго сильного Зангезурского землетрясения, происшедшего 1/IX 1968 г. Согласно годографу волны P_x , построенному для этого землетрясения (рис. 3б), скорость распространения этой волны опять-таки равна 6,40 км/сек. При этом волна P_x прослеживается на сейсмограммах уже начиная с эпицентрального расстояния 250 км.

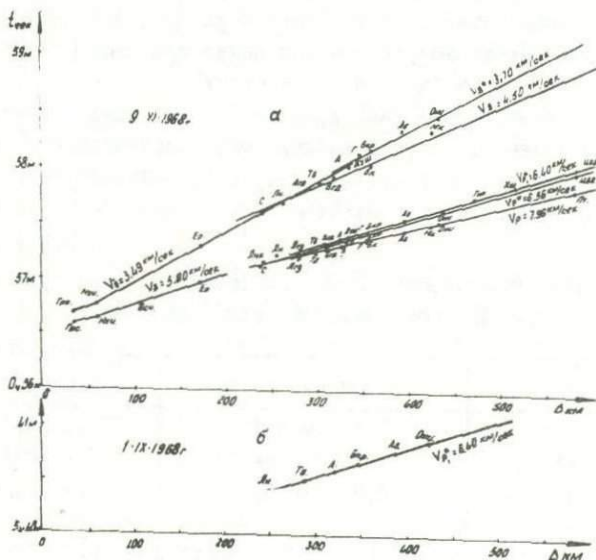


Рис.3. Экспериментальные годографы наблюдаемых сейсмических волн:

а - при землетрясении 9 июня 1968 г.; б - годограф волны P_x при землетрясении 1 сентября 1968 г.

При землетрясениях как 9 июня, так и 1 сентября на сейсмограммах станций, расположенных на таком же расстоянии, но к северо-востоку и юго-востоку от эпицентра землетрясения, вступления этой волны не отмечено. Это говорит о том, что, по-видимому, в направлении к северо-западу от эпицентра в коре имеется определенный слой, а волна P_x является диффрактированной на границе этого слоя. Исходя из этого, волна P_x обозначена нами как P_4^* .

По начальной ординате годографа волны P_4^* произведен расчет мощности слоя, который оказался равным порядка 7 км и расположенным на глубине около 30 км.

Таким образом, строение земной коры в направлении от Зангезура к Ахалкалакскому нагорью может быть представлено следующим образом: суммарный осадочный и гранитный слой мощностью 30 км, далее слой мощностью 7 км и затем "базальтовый" слой мощностью 15-17 км.

Землетрясение 9 июня в эпицентральной зоне проявилось с силой 7-8 баллов. Оно ощущалось на довольно большой территории. Согласно изосейстам этого землетрясения, построенным совместно сотрудниками ИГИС АН Арм.ССР, АИСИ и Института геологии АН Азерб. ССР [25], площадь охваченная сотрясением в 7 баллов, составляет 550 кв.км, в 7 и 6 баллов - 2670 кв.км и в 7-5 баллов - 7710 кв.км.

А.Г.Назаров, С.А.Пирузян и Л.В.Шахсуварян, проводившие макросейсмическое обследование последствий землетрясения 9 июня, указывают, что "на отдельных локальных участках вследствие неблагоприятных грунтовых и других условий интенсивность сотрясения доходила до 8 баллов" [7]. Однако, к сожалению, на макросейсмической карте эти участки не указаны. Макросейсмический эпицентр этого землетрясения определен авторами по данным обследований (в основном, по остаточным деформациям в рельефе местности) и имеет координаты $\varphi = 39^{\circ}2'$, $\lambda = 46^{\circ}1'$ [7]. Он расположен в 7-8 км южнее эпицентра, определенного нами по инструментальным наблюдениям.

Землетрясение 9 июня сопровождалось многочисленными толчками, отмеченными на сейсмических станциях Кавказа. Так, станция "Горис" в течение 24 часов после землетрясения записала 58 афтершоков. На рис. 4а приведен график числа толчков во времени, представляющий собой декадное число последующих толчков, на-

чиная с $K = 7$ и выше (где $K = \lg E_{\text{д.ж}}$). Как следует из этого графика, основное число последующих толчков в количестве 85 произошло за первые два дня после основного землетрясения, т.е. 9 и 10 июня (первая декада июня). За вторую и третью декады июня произошло примерно одинаковое число землетрясений (34–36). Затем имел место их спад и в последней декаде августа произошли всего два толчка. Этот спад повторных толчков во времени до I сентября особенно четко виден на графике, приведенном на рис. 4б, где даны числа толчков за каждый день начиная с 9 июня по 31 августа.

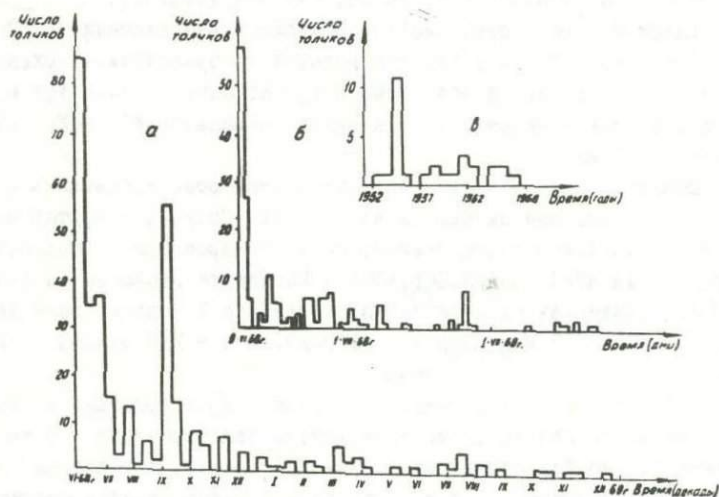


Рис.4. График числа толчков во времени:

а - за период времени с 9 июня 1968 г. по 31 декабря 1969 г.;
 б - за период времени с 9 июня 1968 г. по 31 августа 1968 г.;
 в - за период времени с 1952 г. по май 1968 г.

I сентября 1968 г. в том же районе Зангезура произошло второе сильное землетрясение, в связи с чем в первой декаде сентября количество последующих толчков сильно возросло (до 55). Затем наблюдается снова спад числа толчков. При этом спад числа толчков происходит быстрее, чем в первом случае после землетрясения 9 июня.

Землетрясение I сентября в эпицентральной зоне проявилось

с силой 8 баллов [7]. Координаты эпицентра и глубина залегания очага этого землетрясения определены нами по палетке годографов для Армянского нагорья и Малого Кавказа, а также по методам, независящим от годографа. Координаты эпицентра этого землетрясения оказались равными: $\varphi = 39^{\circ}17'$, $\lambda = 46^{\circ}01'$. Глубина залегания очага землетрясения получилась равной 4-6 км.

Следует отметить, что только очаг землетрясения 9 июня имеет глубину порядка 14 км; очаги всех остальных последующих толчков, и в том числе землетрясения 1 сентября являются более поверхностными, залегающими на глубине 4-6 км. По всей вероятности, первоначальный процесс разрядки напряжений в земной коре при зангезурских землетрясениях 1968 г. начался на глубине 10-20 км, а затем распространился выше.

Меньшей глубиной залегания очага землетрясения 1 сентября можно объяснить то обстоятельство, что это землетрясение, имеющее меньшую интенсивность ($K=12,5$; $M=4,8$) по сравнению с землетрясением 9 июня ($K=13$; $M=5$), проявилось на поверхности, согласно макросейсмическим обследованиям, с большей силой.

Энергия последующих толчков зангезурских землетрясений изменяется в широких пределах. В табл. 3 приведены значения $K = \lg E_{\text{ж}}$ для зангезурских землетрясений 9 июня, 16 сентября и 1 октября 1968 г. Эти данные взяты из "Каталога наблюдений сети сейсмических станций Кавказа", который составляется отделом региональной сейсмологии Института геофизики АН Грузинской ССР. Как видно из этой таблицы, значения K , вычисленные для одного и того же землетрясения по сейсмограммам различных станций, отличаются, вследствие чего выведены средние значения K для этих землетрясений.

Для более слабых последующих толчков Зангезурского землетрясения класс энергии вычислен в основном по сейсмограммам станции "Горис".

Отношение суммарной энергии серии последующих толчков к энергии главного толчка, согласно данным Бенъоффа [8], Рихтера [9], Уцу [10], К.В.Пшенникова [11], составляет примерно 0,01 - 0,1. В случае зангезурских землетрясений 1968 г. энергия главного толчка составляет 10^{13} дж, а суммарная энергия последующих толчков с 9 июня по 31 августа составляет $63500 \cdot 10^7$ дж, т.е. их отношение равно примерно 0,06. Если же землетрясение 1 сеп-

Таблица 3

Результаты определения класса энергии для
наиболее сильных зангезурских землетрясений 1968 г.

Наименование станций	Значения $K = \lg E_{дж}$			
	9/VI	I/IX	16/IX	I/X
Абастумани	12,6	11,7	10,8	10,5
Ахалкалаки	12,4	12,3	10,2	10,4
Бакуриани	12,4	-	11,3	11,0
Богдановка	12,0	12,3	11,0	10,8
Гегечкори	13,4	-	-	-
Г о р и	13,7	13,5	-	10,2
Горис	-	12,1	11,2	-
Джети	12,4	12,8	11,8	11,1
Эугдиди	13,0	12,3	-	-
Кировабад	-	-	10,4	10,1
Лагодехи	12,0	11,5	9,8	-
Ленинакан	13,0	-	-	-
Махачкала	13,6	12,1	-	-
О н и	11,5	11,5	10,5	-
Степанаван	12,3	12,3	11,7	11,4
Тбилиси	11,8	-	11,0	10,3
Ханши	-	12,4	10,0	-
Цебельда	-	12,3	-	-
Шемаха	-	12,5	-	10,7
Средн. значения	12,6	12,3	10,8	10,7
Принято	13	12,5	11,0	11,0

тября считать последующим толчком землетрясения 9 июня, то суммарная энергия последующих толчков землетрясения 9 июня за период с 9 июня 1968 г. по 31 декабря 1969 г. составляет $414296 \cdot 10^7$ Дж, а отношение суммарной энергии последующих толчков к энергии главного толчка в этом случае равно 0,41, что значительно превышает обычно наблюдаемые для этой величины значения.

Указанное обстоятельство говорит в пользу того, что, возможно, землетрясение I сентября не является афтершоком землетрясения 9 июня, а что оба указанных землетрясения являются двумя главными толчками. В этом случае, принимая землетрясение I сентября за главный толчок с энергией $10^{12,5}$ дж, для последующих толчков этого землетрясения за период времени с I сентября 1968 г. по 31 декабря 1969 г. получим величину суммарной энергии последующих толчков к энергии главного толчка - 0,11, что является реальным значением для этой величины.

Распределение последующих толчков Зангезурского землетрясения 9 июня по уровням энергии подчиняется определенному закону, а именно, с уменьшением энергии число последовательных толчков возрастает. Зависимость числа афтершоков от энергии в двойном логарифмическом масштабе имеет характер прямой и представляет собой в определении Ю.В.Ризниченко так называемый график повторяемости [12].

Для построения графика повторяемости последующих толчков Зангезурского землетрясения нами были использованы данные о последующих толчках, имеющих $K = 8, 9, 10$ и 11 , зарегистрированных на сейсмической станции "Горис" и происшедших за период времени с 9/VI 1968 г. по 9/VI 1969 г. на площади в 1000 кв.км. Исходные данные для построения графиков повторяемости последующих толчков Зангезурского землетрясения 1968 г. приведены в табл. 4.

Графики повторяемости построены двумя способами: распределения и суммирования. При способе распределения на график наносятся числа последующих толчков N , соответствующих каждому классу энергии, а при способе суммирования наносятся суммарные числа афтершоков, соответствующих данному классу и выше. Нанесенные таким образом точки аппроксимируются прямой линией, уравнение которой определяется методом наименьших квадратов.

Таблица 4

Последующие толчки Зангезурского землетрясения 1968 года

Период наблюдений	9/VI 1968г. - 9/VI 1969г.				9/VI 1968-31/VI 1968г.			
	8	9	10	11	8	9	10	11
Класс энергии K	8	9	10	11	8	9	10	11
Количество афтершоков	222	66	19	7	150	30	9	5

В случае использования способа распределения уравнение прямой имеет вид:

$$\lg N^* = 6,62 - 0,53 K \pm 0,01, \quad (II)$$

а в случае использования способа суммирования:

$$\lg N^* = 6,91 - 0,55 K \pm 0,02. \quad (I2)$$

Эти графики повторяемости представлены на рис. 5а. Угловой коэффициент γ графика повторяемости последующих толчков Загтезурского землетрясения в случае способа распределения получился равным:

$$\gamma = 0,53 \pm 0,01, \quad (I3)$$

а в случае способа суммирования:

$$\gamma = 0,55 \pm 0,01. \quad (I4)$$

Учитывая, что, по всей вероятности, землетрясение 1 сентября является самостоятельным землетрясением, а не последующим толчком землетрясения 9 июня, нами был построен также график повторяемости последующих толчков для той же территории площадью 1000 кв.км за период времени с 9 июня 1968 г. по 31 августа 1968 г., т.е. график повторяемости последующих толчков только землетрясения 9 июня 1968 г. Графики повторяемости, построенные способами распределения и суммирования, представлены на рис. 5б.

Уравнение графика повторяемости, полученное методом наименьших квадратов, в случае использования способа распределения имеет вид:

$$\lg N^* = 7,65 - 0,61 K \pm 0,07, \quad (I5)$$

а в случае использования способа суммирования:

$$\lg N^* = 7,06 - 0,53 K \pm 0,07 \quad (I6)$$

При этом угловой коэффициент графика повторяемости в случае способа распределения получился равным:

$$\gamma = 0,61 \pm 0,05, \quad (I7)$$

а в случае способа суммирования:

$$\gamma = 0,53 \pm 0,03. \quad (I8)$$

Согласно графику повторяемости, построенному нами для всей территории Армянского нагорья и Малого Кавказа на 17-летний пе-

риод, с 1952 по 1968 гг., т.е. за период, когда имеются наиболее достоверные данные для исследуемого района, для величины получены следующие значения.

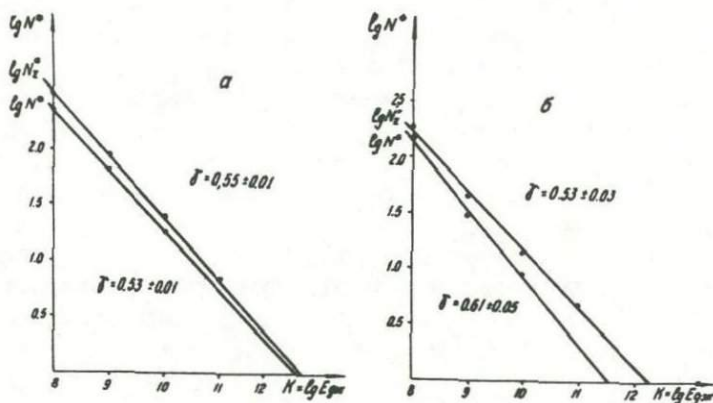


Рис.5. Графики повторяемости последующих толчков Зангезурского землетрясения за период времени:
а - с 9 июня 1968 г. по 9 июня 1969 г.; б - с 9 июня 1968 г. по 31 августа 1968 г.

Если при построении графика повторяемости исключить повторные толчки всех землетрясений, то в случае использования способа распределения:

$$\gamma = 0,46 \pm 0,01, \quad (19)$$

а в случае использования способа суммирования:

$$\gamma = 0,47 \pm 0,01. \quad (20)$$

Если же повторные толчки не исключены, то в случае способа распределения:

$$\gamma = 0,48 \pm 0,01, \quad (21)$$

а в случае способа суммирования:

$$\gamma = 0,50 \pm 0,001. \quad (22)$$

Таким образом, наблюдается некоторое возрастание углового коэффициента графика повторяемости последующих толчков Занге-

зурского землетрясения 1968 г. по сравнению с графиком повторяемости для всей территории Армянского нагорья и Малого Кавказа.

Такого же характера зависимость была установлена К.В.Пшениковым для Прибайкалья [11]. Согласно его данным, график повторяемости землетрясений Прибайкалья за десятилетний период имеет угловой коэффициент $\gamma = 0,32$, а графики повторяемости последующих толчков Гоби-Алтайского (1957 г.) и Среднебайкальского (1959 г.) землетрясений имеют угловой коэффициент $\gamma = 0,60$.

Возрастание величины γ для последующих толчков наблюдал ранее Рихтер [13]. Согласно его данным для землетрясений всей Калифорнии $\gamma = 0,61$, а для последующих толчков землетрясения в Керн Каунти (1952 г.) $\gamma = 0,72$.

Однако такая зависимость наблюдается не для всех районов. Так, например, для последующих толчков Нурекского землетрясения 1956 г. В.И.Бунэ не отмечает изменения углового коэффициента графика повторяемости [14]. Вывод о равенстве углов наклона графиков повторяемости повторных толчков сильных землетрясений и землетрясений всего района в целом сделан также при изучении сейсмического режима Вахшского района Таджикской ССР [15].

При зангезурских землетрясениях 1968 г. предваряющие толчки - фороки не отмечались. Начиная с февраля 1968 г. землетрясения в этом районе сейсмическими станциями также не отмечены.

Однако район Зангезура издавна известен крупными землетрясениями. Разрушительные землетрясения здесь имели место в 1308, 1319, 1622 и 1658 гг., а в непосредственном соседстве от исследуемого района в Вайоцдзоре известны разрушительные землетрясения, происшедшие еще в 735 и 908 гг. [16]. После 1658 г. свыше двух с половиной столетий район Зангезура не испытывал разрушительных землетрясений.

27/IV 1931 г. произошло крупное Зангезурское землетрясение с магнитудой равной 6,5, проявившееся в эпицентральной зоне с силой 8-9 баллов. Последствия этого землетрясения были подробно обследованы, изучены и описаны Г.П.Горшковым [17], К.Н.Паффенгольцем [18], Н.В.Милановским [19], Н.В.Райко [20], И.В.Ижевским [21].

Интересно отметить, что период времени между двумя разрушительными землетрясениями прошлого в районе Зангезура, составляющий 36 лет (1622 и 1658 гг.), остался почти таким же при пос-

ледних двух крупных землетрясениях этого района в нашем столетии (1931 и 1968 гг.).

Если предположить, что периодичность сохранится и на будущие землетрясения, то в районе Зангезура следует ожидать землетрясения с силой порядка 9 баллов примерно в 2241 г. и вслед за ним через 36-37 лет второе крупное землетрясение несколько меньшей силы.

Расширение Кавказской сети сейсмических станций, а также установка на многих станциях Кавказа однотипной аппаратуры было начато в 1949 г. В 1950 г. были открыты сейсмические станции "Кировабад" и "Нахичевань", а в 1951 г. - станция "Горис". Открытие станций "Кировабад", "Нахичевань" и "Горис" значительно повысило количество записываемых землетрясений Малого Кавказа и особенно южной его части, района Зангезура. Повысилась также точность определения положения очагов этих землетрясений. На рис. 4 в приведен график числа землетрясений с $K=8, 9$ и 10 по годам с 1952 по май 1968 гг. на территории, околонтуренной окружностью радиусом 50 км с центром, взятым в эпицентре землетрясения 9/VI 1968 г. (радиус в 50 км взят исходя из площади осязаемости в 5-7 баллов при землетрясении 9/VI 1968 г.). Как видно из этого графика, за период времени с 1952 по май 1968 г. наибольшее усиление активности в этой зоне наблюдалось в 1955 г., когда были отмечены 10 землетрясений с $K=9$ и одно землетрясение с $K=10$. В 1968 г. до Зангезурского землетрясения произошло лишь одно землетрясение с $K=10$ и то в начале года - 21 января. Землетрясений с $K > 10$ в рассматриваемый период времени не отмечалось. Из этого графика следует также, что в районе Зангезура в период между крупными разрушительными землетрясениями имеют место землетрясения меньшей силы и, по-видимому, с увеличением числа сейсмических станций в этом районе и установкой высокочувствительной аппаратуры число записываемых землетрясений сильно увеличится; при этом будут уверенно определяться координаты эпицентров землетрясений с $K < 8$.

На схеме сейсмической опасности, составленной нами совместно с С.С.Миртчаном и К.Н.Паффенгольцем, район Зангезура включен в полосу 2-й категории, где возможны землетрясения с $6\frac{1}{2} \leq M < 7\frac{1}{2}$ [22]. В указанной полосе 27/IV 1931 г. уже было зарегистрировано землетрясение с $M = 6\frac{1}{2}$. Поэтому при составлении проекта карты сейсмического районирования территории

Армянской ССР в 1963 г. район Зангезура был включен целиком в 8-балльную зону [23]. Расширение 8-балльной зоны в районе Зангезура было вызвано тем обстоятельством, что на карте сейсмического районирования 1957 г. не полностью были учтены последствия разрушительного Зангезурского землетрясения 1931 г. (самого значительного сейсмического события в истории Кавказа в течение нашего века) и особенности структурно-тектонического строения Армении. Предлагаемое нами совместно с С.С.Мкртчяном и К.Н.Паффенгольцем включение территории Зангезура целиком в 8-балльную зону было принято в Нормах проектирования СНиП П-А 12-69 [24]. Оно в последующем подтвердилось зангезурскими землетрясениями 1968 г.

В ы в о д ы

1. Имеется хорошее соответствие между положениями эпицентра и глубины залегания очага зангезурских землетрясений 1968 г., определенных по палетке годографов для территории Армянского нагорья и Малого Кавказа и по методам, не зависящим от годографа.

2. Полученные из экспериментальных годографов скорости наблюдаемых сейсмических волн при Зангезурском землетрясении 9/VI 1968 г. близки к средним значениям скоростей распространения соответствующих волн для всей территории Армянского нагорья и Малого Кавказа.

3. На сейсмограммах станций, расположенных к северо-западу от эпицентров зангезурских землетрясений, отмечено вступление четкой волны с периодом $T \approx 0,8$ сек и скоростью распространения 6,4 км/сек.

4. По данным зангезурских землетрясений в земной коре на глубине 30 км в направлении от Зангезура к Ахалкалакскому нагорью выявлен слой мощностью 7 км.

5. По вычисленным отношениям суммарной энергии серии последующих толчков к энергии главного толчка можно заключить, что землетрясение I/IX 1968 г. не является повторным толчком землетрясения 9/VI 1968 г. По-видимому, оба землетрясения являются главными толчками при разрядке напряжений.

6. Наблюдается некоторое возрастание углового коэффициента графика повторяемости последующих толчков Зангезурского землетрясения.

трясения 1968 г. по сравнению с графиком повторяемости для всей территории Армянского нагорья и Малого Кавказа.

7. Район Зангезура продолжает оставаться сейсмически активным и, как показали зангезурские землетрясения 1968 г., осуществленное нами включение всего района Зангезура целиком в 8-балльную зону на карте сейсмического районирования территории Армянской ССР является весьма целесообразным.

Л и т е р а т у р а

1. Карапетян Н.К. Сейсмическое районирование строения земной коры и сейсмическое воздействие на территории Армянского нагорья и Малого Кавказа. Сводный научно-технический отчет. Фонды ИГИС АН Арм.ССР, Ленинакан, 1968.

2. Саваренский Е.Ф. Об определении момента возникновения землетрясения по моментам вступления волн. Труды ГИ АН СССР, №16, 1952.

3. Архангельский В.Т. и др. Руководство по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР, часть 2, М., 1954.

4. Jeffreys H. The Earth. Cambridge University Press, 1929.

5. Карапетян Н.К. По поводу строения земной коры Малого Кавказа по сейсмическим данным. Ученые записки Ереванского государственного русского педагогического института, т.У, 1955.

6. Шебалян Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. В кн. "Сейсмическое районирование СССР". М., изд. "Наука", 1968.

7. Назаров А.Г., Пирузян С.А., Шахсуварян Л.В. Зангезурские землетрясения 1968 г. "Доклады АН Арм.ССР", том I IX, № 2, 1969.

8. Benioff H. Earthquakes and rock creep. Bull. Seism. Soc. Am., 41, N 1, 1951.

9. Richter C.F. Forshocks and Aftershocks. Earthquake in Kern Country. California during 1952. Bull. 171. Division of Mines ferry building, San-Francisko, 1955.

10. Utsu T. Magnitude of Earthquakes and Occurrence of their Aftershocks. Zisin, 10, N 1, Second series, 1957.

11. Пшенников К.В. Механизм возникновения афтершоков и неупругие свойства земной коры. М., изд. "Наука", 1965.
12. Ризниченко Ю.В. Об изучении сейсмического режима. "Изв. АН СССР, серия геофиз.", № 9, 1958.
13. Рихтер Ч.Ф. Элементарная сейсмология. М., изд. ИЛ, 1963.
14. Бунэ В.И. Последующие толчки Нурекского землетрясения 22 сентября 1956 г. и оценка сейсмической активности Большого Сталинабадского района. Труды Ин-та сейсмологии и сейсмостойкого строительства АН Тадж. ССР, № 6, 1960.
15. Бунэ В.И., Кулагин В.К., Соболева О.В. Сейсмический режим Вахшского района Таджикской ССР. Душанбе, изд. АН Таджикской ССР, 1965.
16. Степанян В.А. Землетрясения в Армении и прилегающих районах (на арм. языке), Ереван, изд. "Айастан", 1964.
17. Горшков Г.П. Геологические условия Зангезурского землетрясения 27 апреля 1931 г. Труды СИ АН СССР, № 31, 1933.
18. Паффенгольц К.Н. О землетрясении 27 апреля 1931 г. в Ордубадском и Герюсинском районах Закавказья (Арм. ССР и Аз.ССР). Известия Главного геолого-разведочного управления, 4 вып., 60, 1931.
19. Милановский Н.В. Землетрясение 27 апреля 1931 года. Труды Азерб. филиала АН СССР, геофизическая серия, том 1/58, Баку, 1939.
20. Райко Н.В. Зангезурская сейсмическая экспедиция. "Вестник АН СССР", 1932.
21. Ижевский И.В. Вопросы сейсмостойкого строительства. "Строительная промышленность", № 2, 1932.
22. Карапетян Н.К., Мкртчян С.С., Паффенгольц К.Н. Армения. В кн. "Сейсмическое районирование". М., изд. "Наука", 1968.
23. Карапетян Н.К. Сейсмическое районирование территории Армянской ССР. Научно-технический отчет. Фонды ИГИС АН Арм.ССР, Ленинакан, 1963.
24. "Строительные нормы и правила". Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования СНиП П-А.12-69. М., изд. литературы по строительству, 1970.
25. Баграмян А.Х., Карапетян Н.К., Лебедева Т.М., Пирузян С.А., Султанова З.З., Шахсуварян Л.В. Зангезурское землетрясение 1968г., Сб. "Землетрясения СССР в 1968 г.", М., изд. "Наука", 1973.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ОЧАГАХ ЗАНГЕЗУРСКИХ ЗЕМЛЕ-
ТЯСЕНИЙ 1968 г. И МЕХАНИЗМ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Зангезур является одним из наиболее сейсмоактивных районов Армении. Здесь 27 апреля 1931 г. произошло самое сильное в нашем столетии на Кавказе землетрясение с магнитудой 6,5. После 1931 г. вплоть до 1968 г. сильные землетрясения в этом районе не имели места.

Однако слабые землетрясения за этот период отмечались сейсмическими станциями Малого Кавказа. На рис. 1 приведен график высвобождения условных деформаций за период времени с 1952 по май 1968 г., построенный для территории, оконтуренной окружностью радиусом 50 км с центром, взятым в эпицентре землетрясения 9 июня 1968 г. Радиус в 50 км взят исходя из площади с интенсивностью в 5-7 баллов при землетрясении 9 июня 1968 г. Согласно графику высвобождения условных деформаций наибольшее усиление сейсмической активности за рассматриваемый период времени наблюдалось в 1955 г. Верхняя пунктирная линия на рис. 1, проведенная по точкам минимальной деформации, представляет процесс накопления условных деформаций на исследуемой территории. Значительный разброс точек минимальной деформации за отдельные годы относительно этой линии указывает, что скорость накопления деформации по отдельным годам, начиная с 1952 г., являлась постоянной. Из графика, приведенного на рис. 1, следует также, что в земной коре исследуемой территории к началу 1968 г. имелся определенный запас накопившихся деформаций (величине накопившихся деформаций на рисунке соответствует расстояние по вертикали между точками на линии накопления деформаций и на графике высвобождения условных деформаций), способных вызвать землетрясение.

Землетрясение 9 июня 1968 г. имело магнитуду порядка 5 и сопровождалось многочисленными афтершоками. На рис. 2 приведен график высвобождения условных деформаций начиная с 9 июня 1968 г. по декабрь 1969 г. Согласно этому графику высвобождение условных деформаций происходит довольно интенсивно в течение примерно 1,5 месяца, затем наблюдается сейсмически менее активный интервал времени. 1 сентября 1968 г. в том же районе происходит

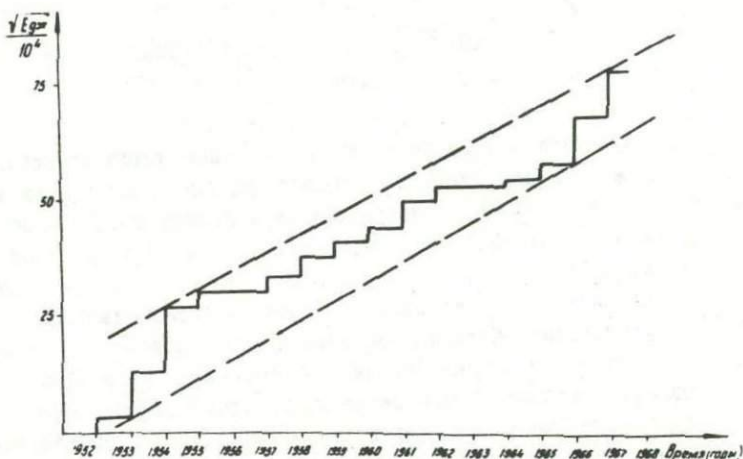


Рис. 1. График высвобождения условных деформаций в районе Зангезура за период времени с 1952 по май 1968 г.

второе крупное землетрясение. При этом активное высвобождение условных деформаций происходит 1 сентября, 16 сентября и 1 октября 1968 г. После этого высвобождение условных деформаций происходит со значительно меньшей активностью. Как видно из рисунка 2, скорость накопления деформаций за короткий промежуток времени с 9 июня по 1 октября 1968 г. имеет постоянный характер, а также имеется хорошее соответствие между величинами накопившихся в земной коре деформациями и происшедшими в указанный период времени землетрясениями.

Знание напряженного состояния земной коры исследуемой территории может способствовать прогнозированию землетрясений во времени на этой территории.

Представление о напряженном состоянии земной коры можно составить в результате изучения напряженного состояния в очагах землетрясений этого района по сейсмологическим данным.

Таким образом, становится очевидной необходимость изучения напряженного состояния в очагах зангезурских землетрясений 1968 г. и механизма их возникновения по сейсмологическим наблюдениям.

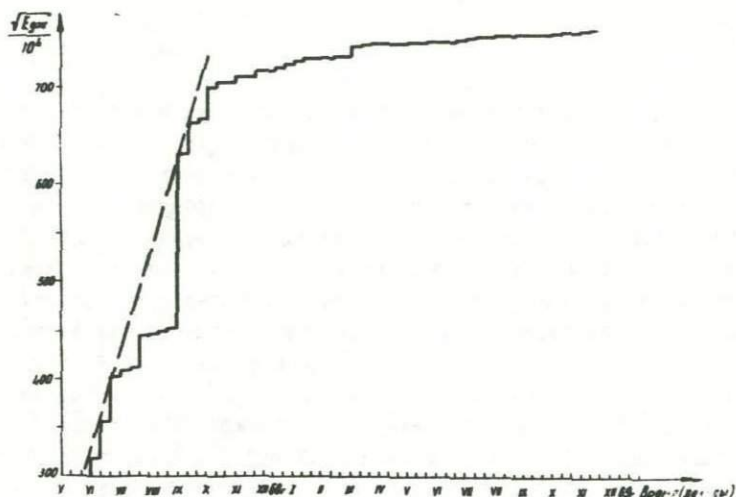


Рис. 2. График высвобождения условных деформаций при зангезурских землетрясениях 1968 г.

Изучить механизм очагов всех последующих толчков Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. нам не удалось вследствие недостаточности данных о знаках смещений, что было вызвано в основном малой силой большинства последующих толчков.

Нами проведено исследование механизма очагов Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. и трех наиболее сильных толчков, происшедших 1 сентября, 16 сентября и 1 октября 1968 г.

Для определения элементов механизма очагов указанных землетрясений использован метод А.В. Введенской, основанный на теории дислокаций [1]. Изучение напряженного состояния в очагах зангезурских землетрясений 1968 г. нами проводилось по распределению знаков смещений в первых вступлениях продольных волн. Данные о знаках первых смещений в продольных волнах взяты из сейсмограмм станций сейсмической сети Кавказа, удаленных станций телесеизмической сети СССР, а также заимствованы из бюллетеней (в основном для сейсмических станций зарубежных стран).

Все определения динамических параметров очагов зангезурских землетрясений 1968 г. производились в стереографической проекции, на сетке Вульфа [2]. Построения велись для верхней полу-

сферы. Положение каждой условной точки, соответствующей определенной станции, на сетке Вульфа определено по двум угловым координатам: азимуту этой станции относительно эпицентра землетрясения и углу выхода продольной волны из очага землетрясения. Углы выхода из очага продольных волн при близких эпицентральных расстояниях ($\Delta \leq 800$ км) определены путем геометрического расчета по известным глубине залегания очага землетрясения, эпицентральному расстоянию, а также скоростному разрезу земной коры. При больших эпицентральных расстояниях ($\Delta > 800$ км) угол выхода из очага продольных волн определялся из графика зависимости угла падения волн P от эпицентрального расстояния Δ в случае поверхностного залегания очага землетрясения [3].

Азимут с эпицентра на сейсмическую станцию при близких эпицентральных расстояниях определялся по карте путем измерения угла между направленными на север и на сейсмическую станцию. При больших эпицентральных расстояниях азимут с эпицентра на станцию определялся на сетке Вульфа, по известным координатам эпицентра землетрясения и эпицентральному расстоянию.

В табл. 2 в графах 4, 7, 10, 13 указаны азимуты с эпицентра на станцию, а в графах 5, 8, 11 и 14 — углы выхода из очага землетрясения продольных волн. Направления смещений в первых вступлениях продольных волн на записях сейсмических станций при четырех зангезурских землетрясениях приведены также в табл. 1 в графах 6, 9, 12 и 15. Знаком плюс отмечена волна сжатия, знаком минус — волна разрежения. Буквами l и e обозначены соответственно четкое и не достаточно четкое первое вступление продольной волны на сейсмограмме.

Построение нодальных линий продольных волн проводилось таким образом, чтобы были удовлетворены знаки смещений в этих волнах на сейсмограммах всех сейсмических станций. Для главного землетрясения 9 июня использованы знаки смещений на записях 46 сейсмических станций, расположенных во всех направлениях от эпицентра, чем и объясняется большая точность полученных результатов (рис. 3). Несмотря на то, что при построении нодальных линий продольных волн для землетрясения 1 сентября использовано несколько меньшее количество знаков смещения, однако положение нодальных линий определяется однозначно, благодаря соответствующему распределению знаков смещений (рис. 4). Для землетрясений 16 сентября и 1 октября 1968 г. (соответственно рис. 5 и 6

Таблица I

Знаки первых смещений в продольных волнах на записях зангезурских землетрясений

№ п/п	Дата землетрясения		9 июня 1968 г.			1 сентября 1968г.			16 сентября 1968г.			1 октября 1968г.		
	Сейсмическая станция	Обозначение станции	Азимут $\Delta \alpha$	Угол выхода ϵ	Знак первого вступления	Азимут $\Delta \alpha$	Угол выхода ϵ	Знак первого вступления	Азимут $\Delta \alpha$	Угол выхода ϵ	Знак первого вступления	Азимут $\Delta \alpha$	Угол выхода ϵ	Знак первого вступления
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.	Андижан	Ан	77,4	58°	+									
2.	Аппатиты	Ап				349,7	64°	l -						
3.	Ахалкалаки	А	317	43°27'	-	318	43°27'	+				317	43°27'	l -
4.	Ашхабад	Ашх	94,4	47°	+	94,4	47°	l -						
5.	Бадайбо	Бдб	43,2	67°	l +									
6.	Бакуриани	Бкр	321	43°27'	l -	322	43°27'	l +	322	43°27'	+	321	43°27'	l -
7.	Баку	Бк	68	43°27'	l +	69	43°27'	l +						
8.	Басаргечар	Бср	342	7°27'	l -				345	2°12'	l -	342	2°07'	-
9.	Богдановка	Бгд	316,5	43°27'	-	317	27°14'	+	317	43°27'	+	316,5	43°27'	l +
10.	Будапешт	Буд	301,2	59°	l -									
11.	Горис	Грс	38	22°23'	l -									
12.	Гори	Г	331	43°27'	l -	332	43°27'	-	332	43°27'	e -			
13.	Грозный	Гр	356	43°27'	l +									

Продолжение таблицы I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14.	Душети	Душ	339	27°14'	-	341	43°27'	-	341	43°27'	0-			
15.	Ельцовка	Ель	49	64,5°	l+									
16.	Бреван	Бр	306	4°39'	l-	307	1°23'	l+	307	1°24'	-	306	1°20'	l-
17.	Иркутск	Ирк				52	66,2°	0+						
18.	Кастомоу	Кас	285,3	47°	-	285,5	47°	-						
19.	Кашпирские горы	К-Г	303,5	62,5°	+									
20.		Клп	308,3	63°	l+	308,5	63°	0+				308,3	63°	l+
21.	Кизыл-Арват	К-А	90	46°	+									
22.	Кировбад	Крб	9,5	43°27'	l+				12	1°26'	-			
23.	Киминел	Кми	306,8	50°	-	307	50°	l-						
24.	Ксара	Кса	239	47,3°	l-	239	47,3°	-						
25.	Лагодехи	Лгд	3	43°27'	l+	4,5	43°27'	-						
26.	Ленинакан	Лн	311	27°14'	-	312	43°27'	+	312	43°27'	0+	311	43°27'	-
27.	Монда	Мнд	53	66°	+	53	66°	+						
28.	Москва	Мок	343,3	52°	+									
29.	Нахичевань	Нхч	263	12°56'	l+	260	4°14'	+	260	4°14'	+	263	3°34'	l+
30.	Обиниск	Обн	344	55°	l+	344,5	55°	-						
31.	Они	Они	329,5	43°27'	l-	330	43°27'	-	330	43°27'	0+	329,5	43°27'	-
32.	Прага	Прг	306	62,5°	l+									
33.	Пудково	Плж	339,5	61°	-									
34.	Свердловск	Свр	23,4	58°	l+							23,4	58°	0+
35.	Семипалатинск	Смп				53,7	63°	l+						

36

Продолжение таблицы I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
36.	Симферополь	Смф	306	47,5°	-									
37.	София	Соф	288,2	52°	l+									
38.	Стамбул	Ист	282	49°	l+	282,5	49°	-						
39.	Степанаван	С	322,5	43°27'	l-	324	43°27'	+	324	43°27'	-	322	43°27'	l-
40.	Талгар	Тлг				70,7	61,2°	+						
41.	Тбилиси	Тб	337,5	43°27'	l-	339	43°27'	-	339	43°27'	-			
42.	Тебриз	Тоб	174	5°48'	-	170	1°40'	-						
43.	Тегеран	Тег	129	43°27'	-	128,5	43°27'	-						
44.	Ужгород	Ужг	306	57°	0+	306,5	57°	-						
45.	Феодосия	Ф	309,6	47°	+									
46.	Фрунзе	Фр				71,6	59°	l+						
47.	Ханли	Хл							323	43°27'	0-			
48.	Хорог	Хрг	90	57°	+									
49.	Цебельда	Ц	317	43°27'	l-	317	43°27'	+						
50.	Чина	Чн	268	50°	l+									
51.	Шемаха	Шх	54	43°27'	l+	56	43°27'	+	56	43°27'	+			
52.	Шефид-роуд	Шеф	133	43°27'	-	132,5	43°27'	+						
53.	Шираз	Шн				149,5	47,5°	+						

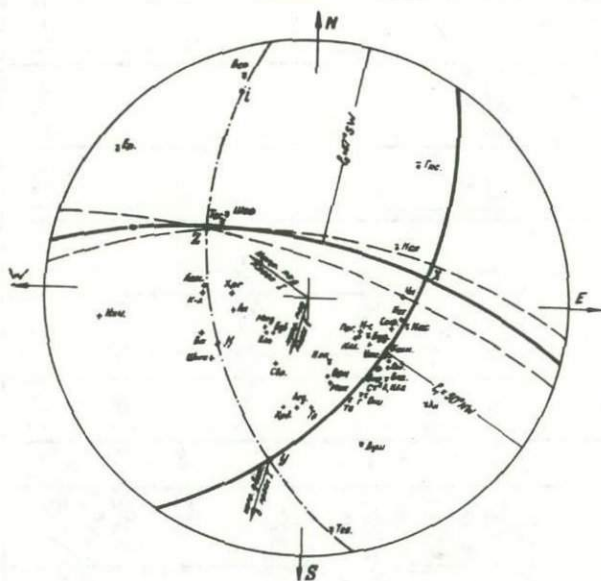


Рис. 3. Определение элементов механизма очага землетрясения 9 июня 1968 г.

одна из нодальных линий проводится однозначно, а другая с точностью соответственно ± 23 и 21° . На рис. 3-6 сплошными линиями указаны положения нодальных линий, а пунктирными - их возможные вариации.

Выяснив положение нодальных линий на сетке Вульфа, а следовательно, и положение их полюсов - осей y и z , нами определены направления осей напряжений сжатия ξ и растяжения κ , а также направления осей промежуточного или нулевого напряжения x . Полученные результаты сведены в табл. 2. В этой таблице также приведены основные сведения о Зангезурском землетрясении 9 июня 1968 г. и трех основных последующих толчках (дата и магнитуда землетрясения, координаты эпицентра и глубина залегания очага), и даны значения азимутов A_2^0 осей сжимающего, растягивающего и промежуточного (нулевого) напряжений, а также значения углов падения этих осей e° , то есть углов, составленных этими осями с горизонтальной плоскостью. При этом положение осей напряжений определено однозначно, согласно использованной методике А.В.Бве -

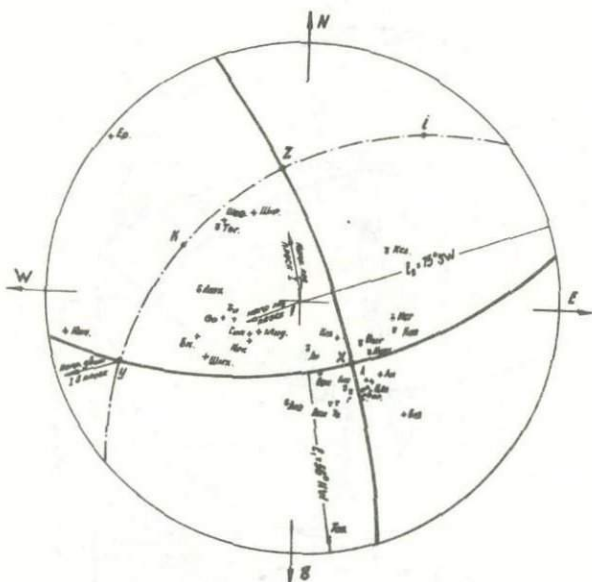


Рис. 4. Определение элементов механизма очага землетрясения
1 сентября 1968 г.

демской [4].

На рис. 7 приведены горизонтальные проекции осей напряжений сжатия, действовавших в очагах зангезурских землетрясений. Номера землетрясений на этом рисунке соответствуют порядковым номерам табл. 2. Направления осей сжатия показаны двумя сходящимися стрелками. Величина стрелок в масштабе, показанном на рис. 7, пропорциональна косинусу угла падения оси сжатия.

Согласно рис. 7 и данным, приведенным в табл. 2, оси напряжений сжатия, действовавших в очагах главного Зангезурского землетрясения и трех последующих толчков, ориентированы горизонтально, угол падения оси сжатия во всех четырех случаях не превышает 12° . При этом направление оси сжимающего напряжения во всех четырех случаях почти меридиональное.

Оси растягивающих напряжений имеют близширотное направление. На рис. 8 даны горизонтальные проекции осей напряжений растяжения, действовавших в очагах зангезурских землетрясений.

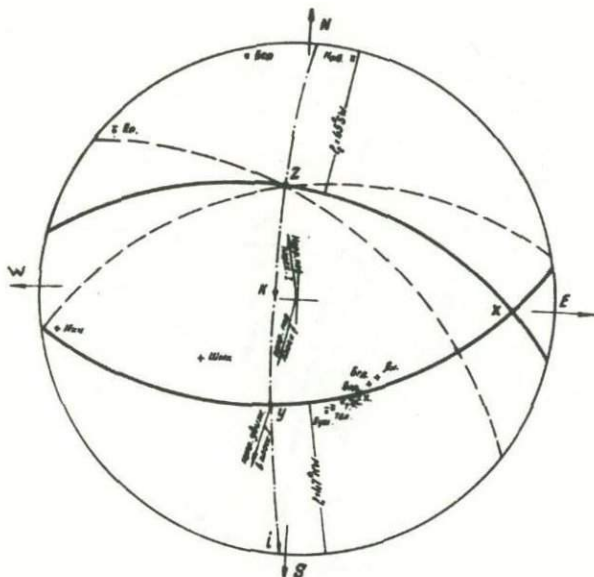


Рис.5. Определение элементов механизма очага землетрясения 16 сентября 1968 г.

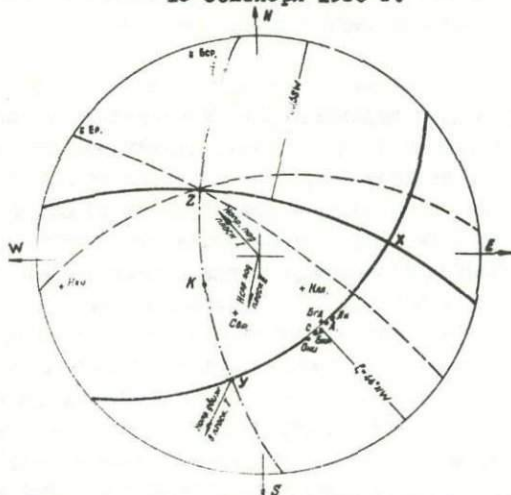


Рис.6. Определение элементов механизма очага землетрясения 1 октября 1968 г.

Таблица 2

Результаты определения положений напряжений в очагах зангезурских землетрясений

№ пп	Дата и время возникновения землетрясения (число, месяц, час, мин.)	Магнитуда землетрясения	Координаты эпицентра		Глубина залегания очага землетр.	Ось сжимающего напряжения \bar{L}		Ось растягивающего напряжения \bar{K}		Ось промежуточного напряжения \bar{X}	
			φ с.ш.	λ в.д.		A_z^0	e^0	A_z^0	e^0	A_z^0	e^0
1.	9 июня, 0.56	5,0	$39^{\circ}16'$	$46^{\circ}6'$	14	341	10,4	239,7	47	80	41
2.	1 сентября, 5.39	4,8	$39^{\circ}17'$	$46^{\circ}1'$	4	33,3	12	294,5	35,3	139,5	52
3.	16 сентября, 7.10	4,2	$39^{\circ}16'$	46°	4	181,2	1,2	278	79,7	91	10,5
4.	1 октября, 18.16	4,3	$39^{\circ}16'$	$46^{\circ}8'$	4	350	8,8	244,5	60	85,5	29,5

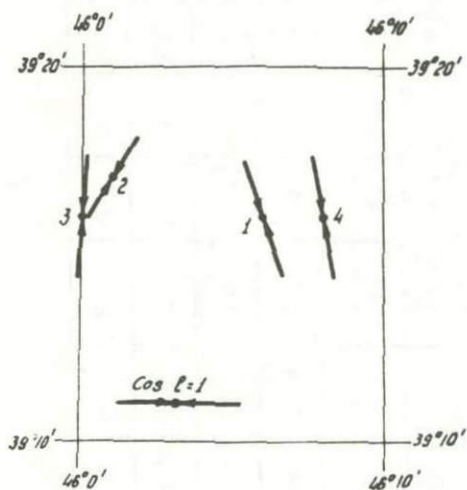


Рис.7. Ориентация осей напряжений сжатия в очагах зангезурских землетрясений 1968 г.

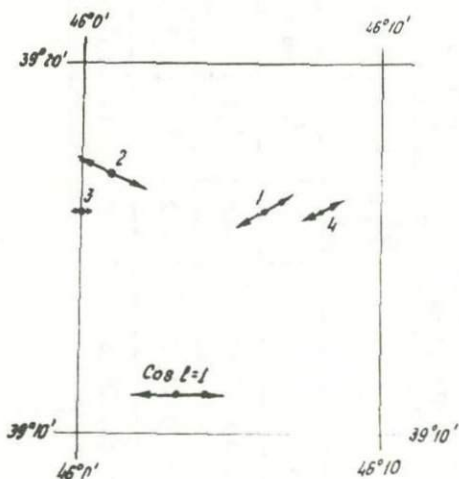


Рис.8. Ориентация осей напряжений растяжения в очагах зангезурских землетрясений 1968 г.

Номера землетрясений на этом рисунке соответствуют порядковым номерам табл. 2. Направления осей растяжения показаны двумя расходящимися стрелками. Величина стрелок в масштабе, показанном на рис. 8, пропорциональна косинусу угла падения оси растяжения. Как следует из табл. 2, ориентация осей растяжения во всех рассмотренных случаях неодинаковая: в случае Зангезурского землетрясения угол падения оси растяжения равен 47° , в случае толчка I сентября ориентация осей растягивающих напряжений ближе к горизонтальному, а при менее сильных толчках, происшедших 16 сентября и I октября ось растягивающих напряжений ориентирована почти вертикально.

На рис. 9 приведены горизонтальные проекции осей промежуточных напряжений, то есть осей, в направлении которых напряжения равны нулю. На этом рисунке также номера землетрясений соответствуют порядковым номерам табл. 2. Направления осей промежуточных напряжений показаны сплошными прямыми линиями. Длина линий в масштабе, показанном на рис. 9, пропорциональна косинусу угла падения оси промежуточных напряжений. Как следует из рис. 9, оси промежуточного или нулевого напряжения в очагах зангезурских землетрясений имеют широтное направление, за исключением землетрясения I сентября 1968 г., для которого азимут оси промежуточного напряжения составляет $139,5^{\circ}$. Согласно данным табл. 2, оси промежуточных напряжений главного Зангезурского землетрясения и толчка I сентября в среднем ориентированы примерно между горизонтальным и вертикальным направлениями, а ориентация осей промежуточных напряжений в очагах толчков 16 сентября и I октября почти горизонтальная.

Рассматривая рис. 7, 8 и 9, можно отметить, что направление осей напряжений в очаге землетрясения I сентября несколько отличается от направлений соответствующих осей напряжений в очагах остальных рассмотренных трех зангезурских землетрясений.

Модель очага зангезурских землетрясений была принята в виде разрыва, сопровождающегося скольжением в плоскости разрыва. Направление этого разрыва однозначно не определяется. Плоскостью разрыва в очаге землетрясения в равной мере могут быть оба разрыва, определяемые нодальными плоскостями $y = 0$ и $z = 0$.

В табл. 3 приведены результаты определения подошений двух возможных плоскостей разрывов в очагах зангезурских землетрясе-

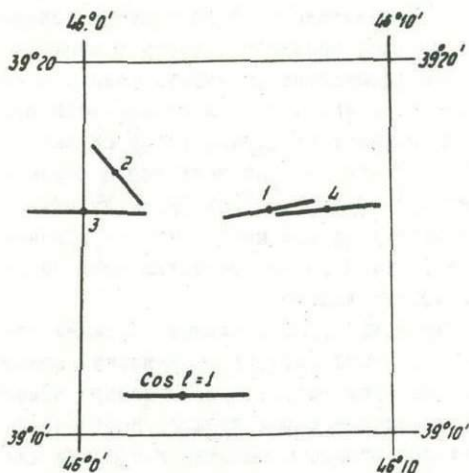


Рис.9. Ориентация промежуточных напряжений в очагах зангезурских землетрясений 1968 г.

ний и направлений подвижек в этих плоскостях. Для обеих возможных плоскостей в табл. 3 даны азимут простираения плоскости разрыва A_{Σ}^0 , угол ее падения e , то есть угол, образованный плоскостью разрыва с горизонтальной плоскостью, азимут оси, вдоль которой происходит движение в данной плоскости разрыва ($A_{\Sigma I}^0$ и $A_{\Sigma II}^0$), угол падения этой оси (e_I и e_{II}) и угол между направлением падения плоскости разрыва и направлением движения верхнего крыла в этой плоскости разрыва (α_I и α_{II}). Возможные плоскости разрыва условно обозначены I и II. Отнесение плоскости разрыва к группе I или II осуществлено в зависимости от направления падения плоскости разрыва. Так, плоскости разрыва I всех четырех зангезурских землетрясений имеют падение на северо-запад. На рис. 10 показаны положения плоскостей разрывов I, а на рис. 11 - положения плоскостей разрывов II для четырех зангезурских землетрясений. Номера землетрясений на рис. 10 и 11 соответствуют порядковым номерам табл.3. Сплошными линиями даны направления плоскостей разрывов, маленькими сплошными стрелками указаны направления падения этих плоскостей.

Таблица 3

Результаты определения положений возможных поверхностей разрывов
в очагах зангезурских землетрясений

№№ III	Дата и время возникновения землетрясения (число, месяц, час, мин.)	Одна из возможных плоскостей разрыва I		Направление движения в плоскости I			Вторая возможная плоскость разрыва II		Направление движения в плоскости II			Число знаков смещений	Число осог. знаков
		A_Z^0	e^0	A_{ZI}^0	e_I^0	α_I^0	A_Z^0	e^0	A_{II}^0	e_{II}^0	α_{II}^0		
1.	9 июня, 0.56	33±0	50 СЗ	192	23,3	109,5	102±6	67 ЮЗ	302,5	40	254	46	3
2.	1 сентября, 5.39	80±0	56 СЗ	249,5	15	100	159±0	75 ЮЗ	350	34	261,5	33	3
3.	16 сентября, 7.10	81±0	47 СЗ	192	45	131,5	101,5± +23	45 ЮЗ	351,5	43	226,5	14	1
4.	1 октября, 18.16	50±0	44 СЗ	193,5	30	121,5	103,7± ± 21	60,5 ЮЗ	320	46	246	11	0

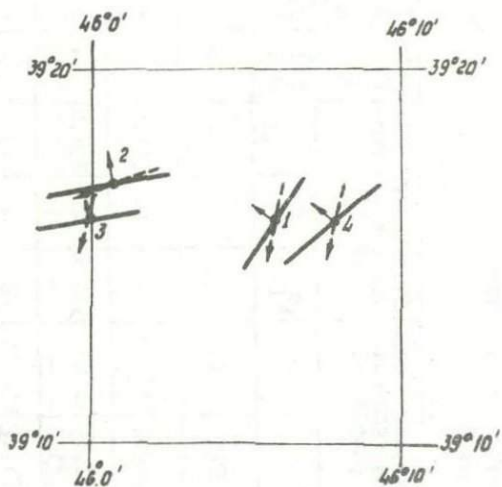


Рис.10. Ориентация плоскостей разрывов группы I в очагах загребских землетрясений 1968 г.

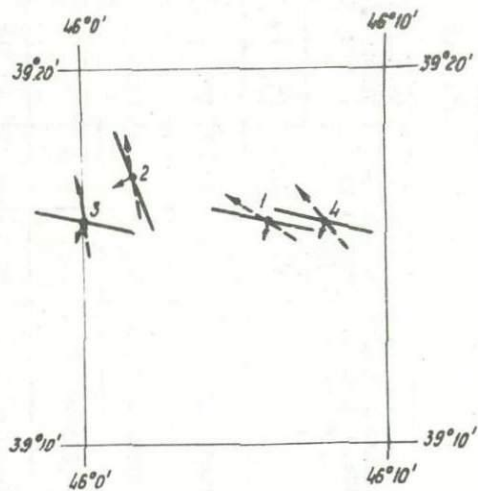


Рис.11. Ориентация плоскостей разрывов группы II в очагах загребских землетрясений 1968 г.

тей, а пунктирными стрелками – направления движения в этих плоскостях.

При рассмотрении плоскостей разрывов I, представленных на рис. 10, можно отметить, что направление плоскости разрыва в очаге землетрясения I примерно совпадает с направлением плоскости разрыва в очаге землетрясения 4, а направление плоскости разрыва в очаге землетрясения 2 совпадает по направлению с соответствующей плоскостью в очаге землетрясения 3. При этом падение плоскостей разрывов во всех четырех рассмотренных случаях составляет $44^{\circ}-56^{\circ}$.

Однако нам представляются более вероятными плоскости разрывов II в очагах рассмотренных землетрясений, представленные на рис. 11. Здесь направление плоскостей разрывов в очагах землетрясений, за исключением землетрясения I сентября 1968 г., близкостроенное, совпадающее с направлением простирания зоны афтершоков Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. Падение поверхностей разрывов при этом более крутое и направлено к юго-западу.

Окончательное решение, какой из вариантов плоскостей разрывов (I или II) соответствует реальным плоскостям разрывов в очагах зангезурских землетрясений, нами будет принято в дальнейшем после сопоставления с тектоникой района Зангезура, новые исследования по которой в настоящее время ведутся.

Согласно значениям углов α_1 и α_2 в очагах главного Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. и последующих толчков I сентября и I октября 1968 г. преобладают движения в основном типа сдвигов, а в очаге землетрясения 16 сентября – типа взбросо-сдвигов.

Следовательно, можно считать, что очаги зангезурских землетрясений 1968 г. в основном обусловлены сжимающими напряжениями, действовавшими перпендикулярно простиранию плоскостей разрывов в очагах этих землетрясений.

В ы в о д ы

1. Преобладающими напряжениями в очагах зангезурских землетрясений 1968 г. являются напряжения сжатия.

2. Оси сжимающих напряжений во всех рассмотренных случаях ориентированы горизонтально и направлены перпендикулярно простиранию плоскостей разрывов в очагах зангезурских землетрясений.

3. Оси сжимающих напряжений имеют меридиональное направление, а оси растягивающих напряжений — близширотное. Оси промежуточных или нулевых напряжений в очагах зангезурских землетрясений (за исключением землетрясения 1 сентября 1968 г.) имеют близширотное направление.

4. Из двух возможных плоскостей разрывов наиболее вероятным является плоскость разрыва II, имеющая близширотное направление простирания с падением плоскости разрыва на юго-запад.

5. В очагах зангезурских землетрясений 1968 г. в основном преобладали движения типа сдвигов.

Л и т е р а т у р а

1. Введенская А.В. Определение полей смещений при землетрясениях с помощью теории дислокаций. "Изв. АН СССР, сер. геофиз.", № 3, 1956.

2. Введенская А.В. О применении сетки Вульфа при определении динамических параметров очагов землетрясений. Труды Геофиз. ин-та АН СССР, № 20, 1957.

3. Гоцадзе О.Д., Кейлис-Борок В.И. и др. Исследование механизма землетрясений. Труды Геофиз. ин-та АН СССР, № 40, 1957.

4. Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. М., изд. "Наука", 1969.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ
ПОСЛЕДУЮЩИХ ТОЛЧКАХ ЗАНГЕЗУРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
9 ИЮНЯ 1968 г.

Зангезурское землетрясение 9 июня 1968 г. сопровождалось многочисленными последующими толчками различной силы, изучением которых в эпицентральной зоне землетрясения занималась экспедиция Института физики Земли АН СССР. Записи колебаний почвы при некоторых последующих толчках были любезно представлены нам начальником экспедиции Д.Н.Рустановичем.

С целью определения спектральных характеристик сейсмических колебаний были отобраны четкие записи пяти последующих толчков, сила и время возникновения которых даны по Д.Н.Рустановичу (табл. I).

Отобранные записи колебаний получены на сейсмической станции "Каджарая" на осциллографе ИСО-П. При этом были использованы сейсмометры С5С. Скорость регистрации землетрясений на записях равна 1 см/сек. Аппаратура работала в ждущем режиме, вследствие чего первых вступлений, соответствующих продольным волнам, на записях нет. Таким образом, полученные спектральные характеристики можно отнести в основном к поперечным волнам. Учитывая это обстоятельство, а также то, что регистрация сейсмических волн производилась на близких расстояниях, в эпицентральной зоне, запись анализировалась целиком.

Сейсмические колебания, как известно, представляют собой неперiodическую функцию, имеющую сплошной спектр с преобладанием отдельных периодов.

Спектральный анализ смещений колебаний при последующих толчках Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. нами произведен с учетом неперiodичности сейсмических колебаний [1].

С этой целью сейсмические колебания представлены в виде интеграла Фурье, а именно, в виде бесконечной суммы бесконечно малых и бесконечно близких по частоте синусоидальных периодических колебаний.

Вычисление коэффициентов Фурье проводилось методом численного интегрирования при параболической интерполяции по способу

Симпсона. При этом, благодаря малому шагу интегрирования (цифровка записи колебаний в трех случаях произведена через каждые 0,0018 сек., а в двух случаях - через каждые 0,0036 сек.), получена большая точность результатов.

Значения спектральных плотностей амплитуды и энергии вычислены с учетом частотной характеристики аппаратуры для периодов от 0,1 до 1,0 сек. через каждые 0,05 сек.

Вычислительные работы были произведены на электронно-вычислительной машине "Раздан-2" в отделе вычислительной техники Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР.

По полученным значениям спектральной плотности амплитуды построены амплитудные спектры для всех пяти рассмотренных случаев (рис.1). На графиках по оси абсцисс отложены периоды, а по оси ординат - спектральные плотности амплитуды $\Phi(\omega)$. Характер амплитудных спектров в общем примерно одинаковый, возрастающий до максимального значения Φ_{max} и затем убывающий. Это, по-видимому, вызвано тем обстоятельством, что во всех случаях использованы записи горизонтальной составляющей С-Д на сейсмограммах одной и той же станции "Каджаран" при последующих толчках одного и того же землетрясения. Однако каждый спектр имеет при этом индивидуальные свои особенности. Так, спектры землетрясений 15 июня и 26 июня 1968 г. с силой соответственно 5 и 5-6 баллов имеют большее число пиков, чем спектры остальных трех землетрясений, имеющих силу менее 5 баллов. Спектры землетрясений 15 и 26 июня имеют как бы сдвоенные пики максимальных значений спектральной плотности амплитуды, т.е. наряду с пиком максимального значения спектральной плотности амплитуды имеется пик несколько меньшей величины. Спектры землетрясений 23 июля и 26 июля имеют один резко выраженный максимальный пик, а затем, начиная с $T = 0,4$ сек., наблюдаются пики значительно меньшей величины. Спектр же землетрясения 23 июня, кроме максимального, не имеет ни одного пика.

Возможно, указанное отличие спектров вызвано неодинаковостью механизмов очагов последующих толчков Зангезурского землетрясения. В таком случае можно считать, что для рассматриваемых землетрясений имели место три вида механизма очага: первый - для землетрясений 15 и 26 июня, второй - для землетрясений 23 и 26 июля и третий - для землетрясения 23 июня.

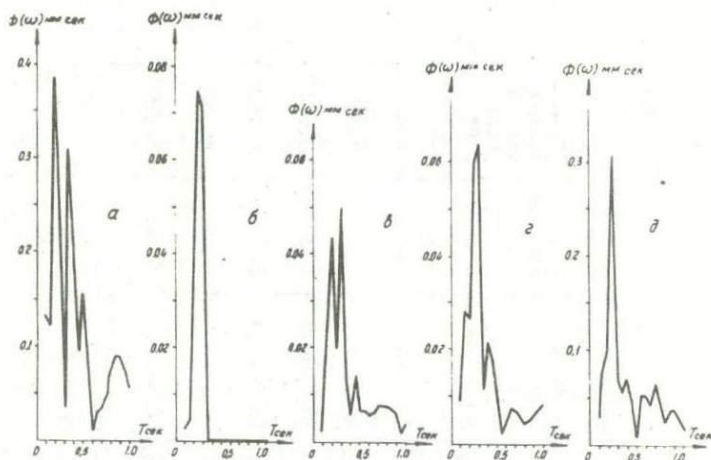


Рис. 1. Амплитудные спектры сейсмических колебаний последующих толчков:

а - 15 июня; б - 23 июня; в - 26 июня; г - 23 июля; д - 26 июля.

В табл. I приведены максимальные значения спектральной плотности амплитуды Φ_{\max} и соответствующие им преобладающие периоды T_{\max} . При увеличении силы землетрясения на I балл (с 4 до 5 баллов) максимальное значение спектральной плотности амплитуды увеличивается в 6 раз.

Величина преобладающего периода T_{\max} для всех анализированных землетрясений находится в пределах 0,20-0,30 сек. При сравнении значений T_{\max} , полученных путем спектрального анализа, с измеренными непосредственно по сейсмограммам периодами T'_{\max} , соответствующими максимальным смещениям на сейсмограммах, можно отметить, что в трех случаях T'_{\max} отличается от T_{\max} всего на 0,01 сек., в остальных двух случаях на 0,06 и 0,07 сек.

Проведено также сопоставление полученных путем спектрального анализа значений T_{\max} с вычисленными нами величинами T_{\max}^{np} - периодом свободных колебаний сооружения, при котором приведенное сейсмическое ускорение имеет максимальное

Таблица I

Результаты анализа амплитудных спектров

№ пп	Дата и время возникновения землетрясения (число, месяц, час, мин.)	Сила землетр. в баллах	Φ_{max}	T_{max}	T'_{max}	T_{max}^{np}	Ширина ампл. спектра ($\omega_1 - \omega_2$) герц	Площадь амплит. спектра S	Площадь максим. амплит. спектра S_{max}	$\frac{S_{max}}{S} 100\%$
1.	15 июня, 3.21	5	0,386	0,20	0,21	0,20	24,4-36,6	9,860	4,000	40,6
2.	23 июня, 4.40	4-5	0,075	0,25	0,26	0,25	19,5-28,8	1,002	0,601	60,0
3.	26 июня, 2.08	4-5	0,050	0,30	0,23	0,30	19,6-23,4	1,172	0,158	13,5
4.	23 июля, 16.52	4	0,064	0,30	0,24	0,25	19,7-28,3	1,454	0,488	33,6
5.	26 июля, 23.22	5-6	0,308	0,25	0,26	0,25	23,4-28,3	4,954	1,290	26,0

значение [2]. Результаты сопоставления (табл. I) показывают, что в четырех случаях T_{max}^{np} имеет те же значения, что и T_{max} и только в одном случае имеется разница в 0,05 сек.

Следовательно, в эпицентральной зоне Зангезурского землетрясения 1968 г., в частности в г. Каджаране, здания, имеющие период свободных колебаний в пределах 0,20 - 0,30 сек., могут иметь большие повреждения благодаря сильному нарастанию сейсмических колебаний вследствие совпадения преобладающего периода колебания грунта с периодом свободных колебаний сооружения.

В табл. I также приведены значения ширины амплитудного спектра для всех рассмотренных случаев. Ширина амплитудного спектра определена для уровня, соответствующего 2/3 максимального значения спектральной плотности амплитуды. На рис. 2 приведен график зависимости величины спектральной плотности амплитуды от круговой частоты ω для толчка 23 июля 1968 г. Ширина спектра на этом графике показана пунктирными линиями.

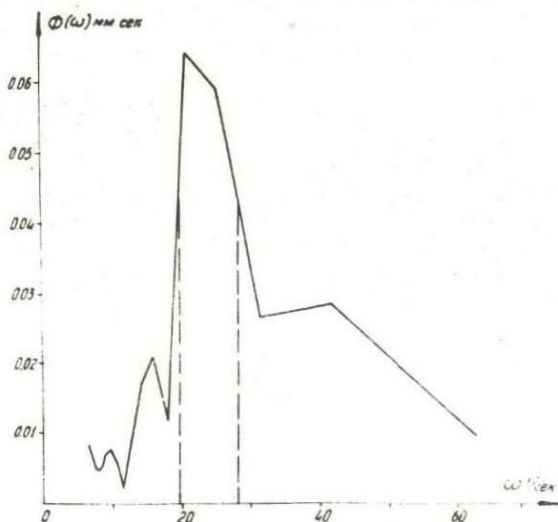


Рис. 2. Зависимость спектральной амплитуды от круговой частоты при землетрясении 23 июля 1968 г.

Для характеристики амплитудных спектров введена величина S , которая численно равна площади, заключенной между кривой зависимости спектральной плотности амплитуды от круговой частоты, осью абсцисс и ординатами, соответствующими началу и концу амплитудного спектра (6,28 и 62,8 герца), а также величина S_{max} , численно равная площади, заключенной между ординатами, соответствующими ширине спектра, осью абсцисс и кривой зависимости спектральной плотности амплитуды от ω .

Как следует из табл. I, для 5 баллов значение S примерно в 7 раз больше, чем для 4 баллов, а S_{max} - в 8 раз, вследствие чего отношение величин S_{max} к S при этом изменяется всего на 7%.

Нами также получены амплитудные спектры во времени, т.е. зависимости спектральной плотности амплитуды от времени t для определенного периода сейсмических колебаний.

Для этой цели использована сейсмограмма землетрясения 26 июня 1968 г. Построены амплитудные спектры во времени для значений периодов сейсмических колебаний: $T = 0,1; 0,20$ сек. (рис. 3), $T = 0,25$ и $0,30$ сек. (рис. 4), $T = 0,4; 0,5; 0,6$ сек. (рис. 5) и $T = 0,7; 0,8; 0,9$ и $1,0$ сек. (рис. 6).

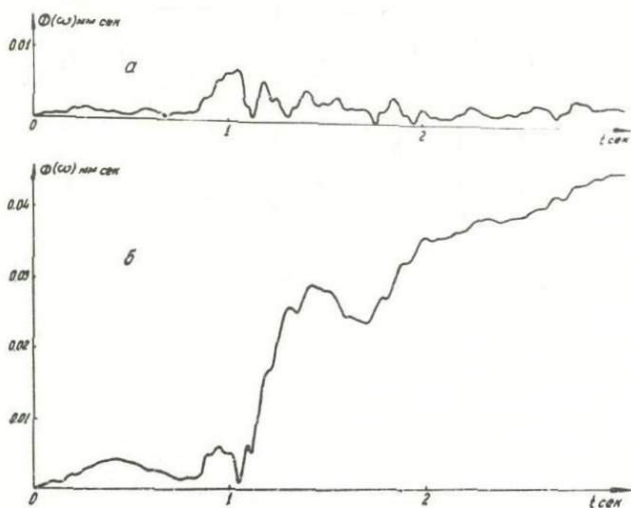


Рис. 3. Амплитудные спектры во времени сейсмических колебаний при землетрясении 26 июня 1968 г. для периодов:

а - 0,10 сек., б - 0,20 сек.

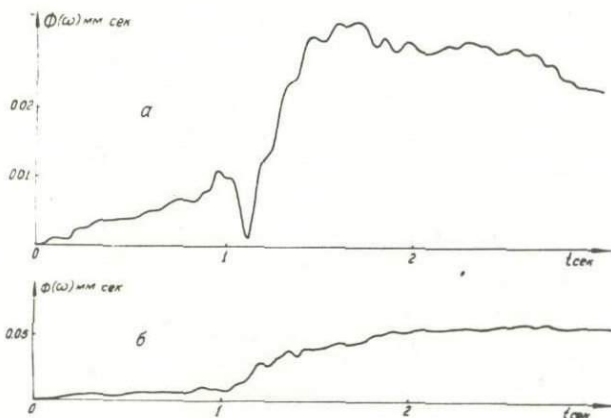


Рис. 4. Амплитудные спектры во времени сейсмических колебаний при землетрясении 26 июня 1968 г. для периодов: а - 0,25 сек., б - 0,30 сек.

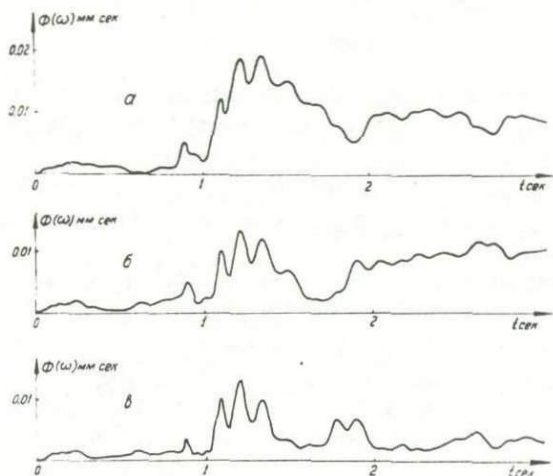


Рис. 5. Амплитудные спектры во времени сейсмических колебаний при землетрясении 26 июня 1968 г. для периодов: а - 0,4 сек.; б - 0,5 сек.; в - 0,6 сек.

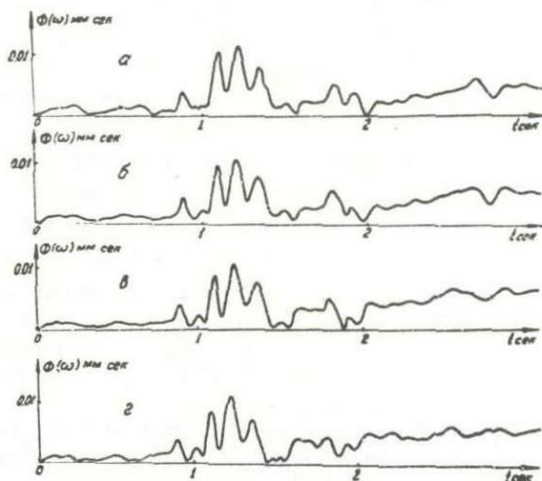


Рис. 6. Амплитудные спектры во времени сейсмических колебаний при землетрясении 26 июня 1967 г. для периодов: а - 0,7 сек.; б - 0,8 сек.; в - 0,9 сек.; г - 1,0 сек.

При рассмотрении полученных амплитудных спектров во времени можно отметить, что амплитудные спектры для периодов $T = 0,20$; $0,25$ и $0,30$ сек. резко отличаются от спектров для других значений периодов сейсмических колебаний. Для указанных периодов, начиная с $t = 1,1$ сек, наблюдается возрастание спектральной плотности амплитуды.

Для периодов $T \geq 0,5$ сек. максимальное значение спектральной плотности амплитуды имеет место всегда при $t = 1,2$ сек. При этом максимум амплитудного спектра имеет два побочных пика, несколько меньших величины, при $t = 1,1$ и $1,3$ сек.

Для последующих толчков Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. нами построены также энергетические спектры сейсмических колебаний, т.е. графики зависимости спектральной плотности энергии от круговой частоты ω , начиная от $\omega = 6,28$ герц ($t = 1$ сек.) до $\omega = 62,8$ герц ($T = 0,1$ сек.). Кривые энергетических спектров для всех рассмотренных записей имеют в начальной своей части возрастающий характер, вплоть до максималь-

ного значения, а затем убывающий. В качестве примера на рис. 7 приведен энергетический спектр для толчка 26 июня 1968 г.

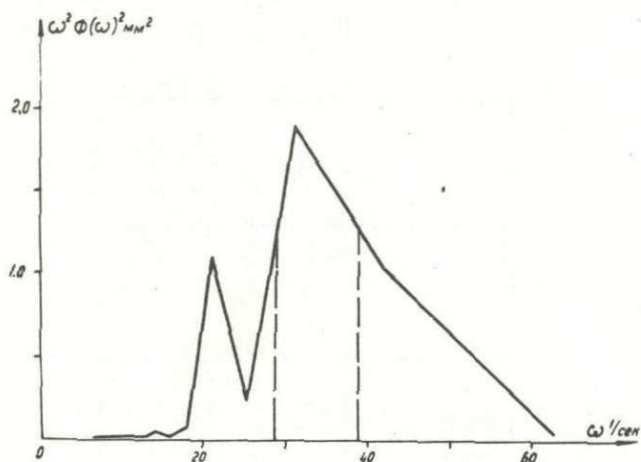


Рис. 7. Энергетический спектр землетрясения 26 июня 1968 г.

В табл. 2 приведены максимальные величины спектральной плотности энергии $\mathcal{U}_{\max} = [\omega^2 \Phi^2(\omega)]_{\max}$ и соответствующие им значения периодов T_{\max} и, которые находятся в пределах 0,20–0,25 сек.

Как видно из табл.2, при увеличении силы землетрясения на один балл (с 4 до 5 баллов) максимальное значение спектральной плотности энергии увеличивается в 65 раз. Ширина энергетических спектров на уровне 2/3 от максимального значения спектральной плотности энергии изменяется в пределах от 4 до 10 герц, но определенной зависимости ширины энергетического спектра от силы землетрясения не наблюдается.

Вычисление величины \mathcal{U} , пропорциональной плотности потока энергии, нами производилось графически, путем измерения площади, заключенной между кривой зависимости спектральной плотности энергии от ω , осью абсцисс и ординатами, соответствующими $\omega_1 = 6,28$ и $\omega_2 = 62,8$ герц. При увеличении силы землетрясения с 4 до 5 баллов величина \mathcal{U} меняется почти в 55 раз.

Измерены также максимальные значения плотности потока энер-

Таблица 2

Результаты анализа энергетических спектров

№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения (число, месяц, час. мин.)	Сила землетрясения в баллах	Y_{max}	T_{max}	Ширина энергетич. спектра ($\omega_1 - \omega_2$) герц	Y	Y_{Smax}	$\frac{Y_{Smax}}{Y} 100\%$
1.	15 июня, 3.21	5	146,471	0,20	28,2-35,7	2702,816	916,0	33,9
2.	23 июня, 4.40	4-5	3,545	0,25	21,2-28,2	34,160	19,880	58,2
3.	26 июня, 2.08	4-5	1,910	0,20	29,1-39,1	37,380	15,560	41,6
4.	23 июля, 16.52	4	2,238	0,25	20,6-28,0	49,883	14,680	29,4
5.	26 июля, 23.22	5-6	59,949	0,25	23,6-27,6	649,200	201,600	31,1

гии, численно равные площади, заключенной между ординатами, соответствующими ширине энергетического спектра, осью абсцисс и кривой зависимости спектральной плотности энергии от круговой частоты ω . Значение $\int_{S_{max}}$ при увеличении силы землетрясения с 4 до 5 баллов возрастает в 62 раза, а отношение \int_{max} к \int изменяется лишь на 4,5%.

В ы в о д ы

1. Спектральный анализ сейсмических колебаний при последующих толчках Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 года показал, что преобладающий период сейсмических колебаний имеет значения 0,20-0,30 сек.

2. Максимальные значения спектральной плотности энергии соответствуют коротким периодам.

3. Для рассмотренных случаев определенной зависимости ширины амплитудного и энергетического спектров, а также преобладающего периода сейсмических колебаний от силы землетрясений не наблюдается.

4. При изменении силы землетрясения на I балл (с 4 до 5 баллов) максимальное значение спектральной плотности амплитуды возрастает в 6 раз, максимальное значение спектральной плотности энергии - в 65 раз, а величина, пропорциональная плотности потока энергии - в 55 раз.

5. При изучении спектрального состава сейсмических колебаний при последующих толчках Зангезурского землетрясения 1968 г. нами получены амплитудные спектры во времени для значений периодов сейсмических колебаний $T = 0,1 - 1,0$ сек.

6. Амплитудные спектры во времени для различных периодов сейсмических колебаний отличаются. Для периодов $T = 0,2; 0,25$ и $0,30$ сек, начиная с $t = 1,1$ сек., наблюдается возрастание значения спектральной плотности амплитуды. Для периодов $T \geq 0,5$ сек. максимальное значение спектральной плотности амплитуды имеет место всегда при $t = 1,2$ сек. и максимум амплитудного спектра во времени имеет два побочных пика при $1,1$ и $1,3$ сек.

7. В г.Каджаране здания, имеющие период свободных колебаний 0,20 ~ 0,30 сек., при местных землетрясениях, вследствие явления резонанса, могут иметь сильные повреждения.

Л и т е р а т у р а

1. Карапетян Н.К. Методика определения спектра с учетом неперIODичности сейсмических колебаний. "Доклады АН Арм. ССР", т. XXXIY, № 2, 1962.

2. Карапетян Б.К., Карапетян Н.К., Мхитарян Л.А. Инструментальное исследование сейсмического воздействия при последующих толчках Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. Настоящий сборник.

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИ
ЗАНГЕЗУРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ 1968 г.

9 июня 1968 г. в 04 ч. 56 мин. 29 сек. по местному времени (00ч. 56 мин. 29 сек. Гринвического времени) произошло сильное землетрясение в Зангезурском районе. В эпицентральной зоне сила землетрясения достигла 7-8 баллов. Магнитуда $M = 5$. Землетрясение проявилось со значительной силой в Кафанском и Сисианском районах, а также в Нахичеванской АССР.

Это землетрясение не предварялось форшоками, но сопровождалось многочисленными повторными толчками (более двухсот), из которых наиболее сильными оказались I сентября ($M=4,8$), 16 сентября ($M=4,2$) и I октября ($M=4,3$).

При главном толчке гипоцентр имел глубину порядка 10-15 км, а повторные толчки характеризуются поверхностными очагами на глубине 5-7 км. Во время указанных выше землетрясений сейсмической станцией "Ереван" интенсивно и достаточно четко записаны поверхностные волны типа Лява. Записи поверхностных волн типа Релея - слабы. Нами исследовались кинематические и динамические характеристики поверхностных волн Лява и Релея, которые появляются сразу же за волнами S . Периоды этих волн меняются в пределах 2-10 сек. (рис.1). Эпицентральные расстояния до Ереванской сейсмостанции порядка 163-172 км (см. табл.). Обычно для таких эпицентральных расстояний поверхностные волны должны формироваться в верхних слоях земной коры [1].

Исследования дисперсии скоростей поверхностных сейсмических волн Релея и Лява, возникающих при разных эпицентральных расстояниях показывают, что они могут формироваться не только в земной коре, но и в отдельных слоях, ее составляющих [9]. Теоретические исследования дисперсии скоростей показали, что групповая скорость фазы Эйри при одних и тех же величинах скоростей объемных волн и плотностей не зависит от мощности слоя, тогда как изменение периодов волн, соответствующих фазе Эйри, обусловлено только изменением мощности (H) слоя. В частности, при возрастании H увеличивается значение периодов. Эта особенность фазы Эйри является чрезвычайно важной при установлении группы поверхностных волн. Значения периодов в фазе Эйри для волн Лява и Релея,

Таблица характеристик поверхностных волн
зангезурских землетрясений

№ п.п.	Д а т а	Время в очаге, ч.м., сек.	Координаты		Расстоя- ние, км	Глубина, км
			φ_M°	λ_E°		
1.	9/VI	00 56 29	39°19'	46°03'	163	10-15
2.	"	01 31 32	39°20'	46°03'	165	5-7
3.	"	02 22 14	39°21'	46°02'	163	"
4.	"	03 03 33	39°20'	46°02'	163	"
5.	"	03 26 59	39°20'	46°03'	165	"
6.	"	03 55 18	39°20'	46°02'	163	"
7.	"	04 58 30	39°20'	46°03'	165	"
8.	"	07 14 55	39°20'	46°03'	165	"
9.	"	10 35 32	39°18'	46°04'	170	"
10.	"	11 38 19	39°19'	46°03'	163	"
11.	"	17 32 13	39°20'	46°03'	165	"
12.	"	22 21 02	39°20'	46°03'	165	"
13.	"	23 29 37	39°20'	46°04'	169	"
14.	10/VI	04 57 30	39°19'	46°04'	164	"
15.	"	05 50 20	39°19'	46°03'	163	"
16.	"	14 33 20	39°18'	46°04'	170	"
17.	"	11 08 40	39°20'	46°04'	169	"
18.	"	13 38 42	39°20'	46°03'	165	"
19.	"	10 58 28	39°19'	46°03'	163	"
20.	13/VI	03 24 18	39°18'	46°00'	164	"
21.	15/VI	03 21 08	39°12'	45°54'	164	"
22.	23/VI	05 31 15	39°18'	46°00'	164	"
23.	24/VI	04 33 52	39°18'	46°06'	172	"
24.	26/VI	02 08 48	39°18'	46°06'	172	"
25.	5/VII	10 11 41	39°18'	46°00'	164	"
26.	1/IX	05 39 42	39°12'	46°06'	170	"
27.	"	16 43 14	39°18'	46°00'	164	"
28.	"	20 44 16	39°18'	46°06'	172	"
29.	2/IX	06 18 29	39°18'	46°06'	172	"
30.	"	07 03 20	39°18'	46°06'	172	"
31.	3/IX	01 38 14	39°18'	46°06'	172	"
32.	4/IX	04 54 05	39°18'	46°06'	172	"
33.	4/IX	19 13 13	39°18'	46°06'	172	5 - 7
34.	8/IX	14 52 40	39°18'	46°06'	172	"

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
35.	I6/IX	07 10 03	39°20'	46°03'	I65	5 - 7
36.	I/X	18 16 02	39°18'	46°18'	172	"
37.	3/X	20 16 05	39°18'	46°06'	172	"
38.	17/X	07 51 27	39°18'	46°06'	172	"
39.	8/X	21 14 00	39°18'	46°36'	164	"

при одних и тех же условиях распространения, мало отличаются друг от друга, хотя значения этих периодов для воли Лява всегда больше, чем для воли Релея. Земная кора континентов в основном состоит из седиментного, гранитного и базальтового слоев. Как выясняется, на расстоянии до 400-500 км зарегистрированные поверхностные волны формируются в осадочном слое [I]. При эпицентральных расстояниях от 500 до 2200 км наблюдаются две различные дисперсионные картины [10]. В частности, при землетрясениях с эпицентральной расстоянием $\Delta = 500-1400$ км возникающие поверхностные волны дают одну дисперсионную картину, а при землетрясениях с эпицентральной расстоянием $\Delta = 1400-2200$ км - другую.

Групповая скорость поверхностных волн является скоростью распространения энергии в горизонтальном направлении - вдоль поверхности земли. Максимум энергии распространяется с минимальной групповой скоростью, которому соответствует фаза Эйри:

$$u(\tau) = \frac{\Delta}{t_i - t_0}$$

где t_i - моменты прихода периодов T_i на сейсмограммах;
 t_0 - момент возникновения землетрясения.

Групповые скорости волн Лява с достаточной точностью можно определить также геометрическим методом [11]. При вычислении значения групповых скоростей в декартовых координатах на оси абсцисс откладывается номер i положительных и отрицательных последовательных вершин колебания волн Лява, а по оси ординат - время появления вершин t_i . Угловой коэффициент касательной полученной кривой равен половине периода колебания, а ордината точки касания соответствует моменту появления колебания

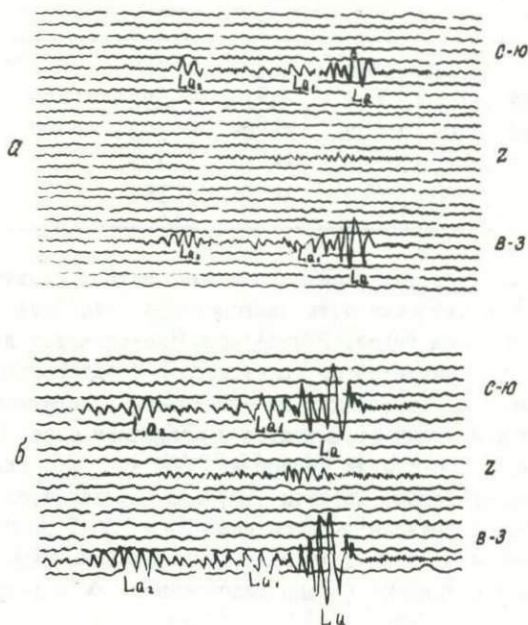


Рис. I. Сейсмограммы зангезурских землетрясений:
а - 9 июля; б - 15 июня.

данного периода.

Отношение эпицентрального расстояния ко времени пробега колебания данного периода дает значение групповой скорости для этого периода.

Точность определения групповых скоростей зависит от точности определения сейсмических элементов землетрясения. Групповые скорости волн Лява при рассмотренных нами землетрясениях определены достаточно точно; их погрешность не превышает $\pm 0,015$ км/сек. Эпицентральное расстояние было определено по формуле:

$$\cos \Delta = \cos \varphi_3 \cos \varphi_c \cos (\lambda_3 - \lambda_c) + \sin \varphi_3 \sin \varphi_c$$

где Δ - эпицентральное расстояние;

$\varphi_2, \lambda_2, \varphi_c, \lambda_c$ - географические координаты эпицентра и сейсмической станции.

В настоящей работе использовались теоретические кривые, построенные для однослойного, двухслойного и трехслойного строения земной коры [12]. Хорошее согласование экспериментальных данных с теоретическими получается при однослойной модели земной коры, что дает возможность установить мощность седиментного комплекса в районе исследования. Из рис. 2 видно, что вдоль исследуемой трассы, которая проходит в юго-восточной части Армении, т.е. от эпицентра Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. до сейсмической станции "Ереван", возникшие волны Лява распространяются в седиментном комплексе, толщина которого $H = 6$ км.

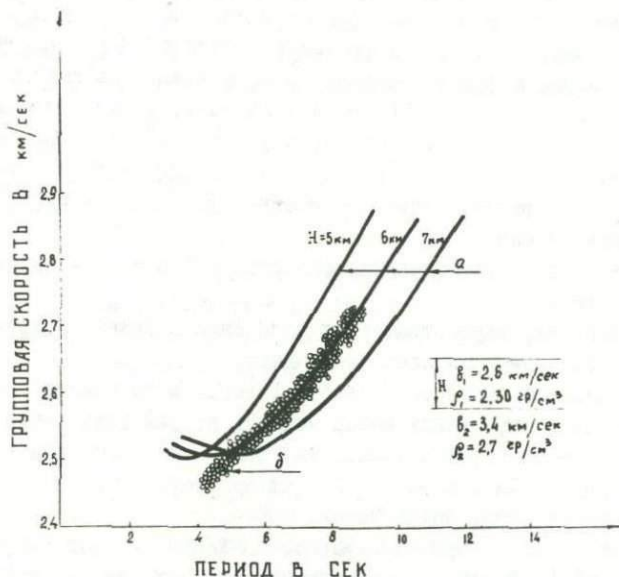


Рис. 2. Дисперсионные кривые групповых скоростей:
 а - теоретические кривые; б - точки наблюдения.

Как известно, волны Лява возникают из многократно отраженных за предельным углом волн SH [13].

Из этого условия вытекает, что расстояние, с которого начинается формирование волн Лява, можно вычислить по формуле:

$$\Delta = 2 \sum_{l=1}^{i=k-1} v_i t_k \sin \alpha_{ik}$$

$$t_k = 2 \sum_{l=1}^{i=k-1} \frac{2H_l}{v_l \cos \alpha_{ik}} \quad (I)$$

$$\sin \alpha_{ik} = \frac{v_k}{v_n} ,$$

- где H_i - мощность i -го слоя;
 v_i - скорость SH волны i -го слоя;
 α_{ik} - угол полного внутреннего отражения;
 l - номер слоя;
 k - указывает, от какого слоя имеется полное внутреннее отражение.

Толщина седиментного слоя для исследуемого района, как выяснилось, равна 6 км. В случае такой мощности слоя расстояние от очага, после которого начинается вступление на сейсмограммах волн SH, равно 30 км. Анализ записей зангезурских землетрясений показал, что, кроме прямых поверхностных волн, на сейсмограммах регистрируются отраженные поверхностные волны, возникновение которых обусловлено неоднородностями земной коры в исследуемом районе.

Существование отраженных волн Лява и Релея характеризуется следующим:

- 1) в обоих типах отраженных волн Лява и Релея сохраняется форма записи прямых поверхностных волн;
- 2) дисперсионные особенности фазовых и групповых скоростей в прямых и отраженных поверхностных волнах идентичны;
- 3) чем выше порядок кратности отраженных волн, тем слабее они проявляются на сейсмограммах, однако форма записи, главным образом в фазе Эйри, сохраняется;
- 4) отраженные поверхностные волны Релея регистрируются на всех составляющих записях, особенно четко - на вертикальной составляющей; движение частиц в волне, названной отраженной волной Релея, поляризовано в вертикальной плоскости, включающей направление распространения, и имеет горизонтальную и вертикальную компоненты перемещения; движение частиц в общем случае эллиптическое;
- 5) отраженные поверхностные волны Лява регистрируются иск-

лучительно горизонтальными сейсмографами; движение частиц в них поляризовано в горизонтальной плоскости, перпендикулярно распространению волн; на горизонтальных составляющих отраженные волны Релея наблюдаются после появления отраженных волн Лява; промежуток времени между вступлениями волн Лява и Релея возрастает при увеличении кратности отражения поверхностных волн;

б) по отраженным поверхностным волнам определяются направления на отражающую поверхность.

Если для данного слоя скорость распространения фазы Эйри будем считать постоянной, тогда условие постоянства времени равносильно постоянству суммы расстояний от очага землетрясений и от сейсмической станции до отражающей поверхности. В двумерной системе это подтверждается тем, что кривая $t = \text{const}$ представляется эллипсом. Если за начало координат примем эпицентр землетрясения и допустим, что сейсмоприемник расположен на оси x , тогда уравнение эллипса можно написать в виде:

$$\frac{(x - \frac{\Delta}{2})^2}{(\frac{ct}{2})^2} + \frac{y^2}{(\frac{\sqrt{c^2 t^2 - \Delta^2}}{2})^2} = 1, \quad (2)$$

где c - скорость распространения фазы Эйри;
 Δ - эпицентральное расстояние.

Уравнение поверхности отражения поверхностных волн в трехмерной системе координат будет иметь вид:

$$\frac{(x - \frac{\Delta}{2})^2}{(\frac{ct}{2})^2} + \frac{y^2 + z^2}{(\frac{\sqrt{c^2 t^2 - \Delta^2}}{2})^2} = 1$$

Для фиксированного землетрясения и сейсмической станции получится эллипс, на котором будут расположены те 3 точки, от которых может происходить отражение поверхностных волн.

Для разных землетрясений и сейсмических станций, которые будут представляться фокусами эллипса, можно определить точки отражения, общая огибающая которых будет отражающей поверхностью поверхностных волн. Так как волна Лява сформирована в осадочном слое, то соответствующую скорость фазы Эйри можем принять равной $V = 2,4$ км/сек.

По отраженным волнам Лява, возникающим при зангезурских

землетрясениях, были определены отражающие поверхности.

Для определения отражающих поверхностных волн в исследуемых районах были изучены также поверхностные волны, сформированные при землетрясениях, возникших на Джавахетском нагорье, зарегистрированные сейсмостанцией "Ереван". В работе [4] было показано, что между эпицентрами Джавахетских землетрясений и Ереванской сейсмостанцией толщина осадочного слоя порядка 5 км. В случае этих землетрясений отраженные поверхностные волны дали возможность установить существование отражающих поверхностей юго-восточной части сейсмостанции "Ереван" (рис.3).

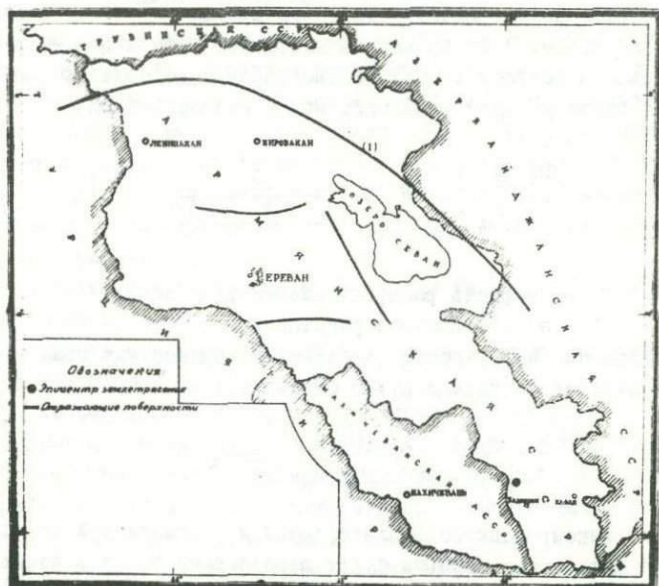


Рис. 3. Схема эпицентра и отражающих поверхностей

В данном случае отражающие поверхности представляют собой разломы в земной коре, прослеживающиеся в седиментном слое, что хорошо подтверждается геофизическими и геологическими данными [5, 6].

Отражающие поверхности совпадают с зонами больших горизонтальных градиентов силы тяжести, причинами которых являются

глубинные разломы [7]. Глубина линии разлома [1], существование которой было доказано также в работе [8], должна быть порядка толщины земной коры данного района.

Л и т е р а т у р а

1. Сихарулидзе Д.И., Тутберидзе Н.Т. О группах поверхностных сейсмических волн, формирующихся в различных слоях коры. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, XXIII, 1965.
2. Пузырев Н.Н. Интерпретация данных сейсморазведки методом отражения волн. М., Гос. научно-техн. изд. нефтяной и горно-топливной литературы, 1959.
3. Сихарулидзе Д.И. Методы определения места отражения и преломления поверхности сейсмических волн. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. XXIV, 1969.
4. Сихарулидзе Д.И. Изучение дисперсии волн Лява при близких землетрясениях. "Изв. АН СССР, серия геофизическая", № 4, 1959.
5. Габриелян А.А. и др. Тектоническая карта и карта интрузивных формаций Армянской ССР. Изд. "Митк", Ереван, 1968.
6. Акопян Ц.Г. Магнитные свойства горных пород Арм.ССР и их использование в целях интерпретации магнитных аномалий и корреляции вулканогенных образований (автореферат докторской диссертации, Фонды ИГИС АН Арм.ССР).
7. Оганесян Ш.С. Связь аномалий силы тяжести с сейсмичностью. "Доклады АН Арм.ССР", т. XXV, № 2, 1958.
8. Сихарулидзе Д.И., Баграмян А.Х. Выявление эффекта отражения и преломления поверхностных сейсмических волн в условиях Кавказа. "Сообщения АН ГССР", 53, № 2, 1969.
9. Сихарулидзе Д.И., Тутберидзе Н.П. О группах поверхностных волн, формирующихся в различных слоях земной коры. Тр. Ин-та геоф. АН ГССР, т. XXII, 1965.
10. Сихарулидзе Д.И., Баграмян А.Х. Изучение дисперсии поверхностных сейсмических волн и строение земной коры Малого Кавказа. Тезисы докладов конференции молодых геологов Армении. Ереван, 1970.
11. Саваренский Е.Ф. и др. Об определении строения Земли по дисперсии скорости распространения поверхностных сейсмических

ких волн (Руководство), М., 1966.

12. Саваренский Е.Ф., Гласко В.Б., Гранит Я.Ш. Дисперсионные кривые волн Релея и Лява применительно к двух- и трех-слойной континентальной земной коре. "Изв. АН СССР, физика Земли", № 4, 1965.

13. Саваренский Е.Ф., Кирнос Д.П. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. М., 2-е изд. ГГТИ, 1955.

Б.К.Карапетян, Н.К.Карапетян, Л.А.Мхитарян

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПРИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ТОЛЧКАХ ЗАНГЕЗУРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
9 ИЮНЯ 1968 г.

Осуществлено исследование, связанное с инструментальным изучением инженерно-сейсмологических особенностей последующих толчков Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. С этой целью были использованы данные, полученные по установленным на территории наибольших сотрясений многомаятниковым сейсмометрам, регистрирующим приведенные сейсмические ускорения [1, 2], а также приборам, записывающим колебания частиц грунта во времени.

Многомаятниковые сейсмометры АИС-3М с демпферным устройством на принципе сухого трения в количестве 5 шт. были установлены в Каджаране по определенному профилю в различных грунтовых условиях (на скале, на галечниках с высоким уровнем грунтовых вод, на дельвии, на насыпном грунте)^ж). С помощью этих приборов было зарегистрировано 14 последующих толчков Зангезурского землетрясения, силой от 3 до 7-8 баллов. При этом полученный фактический материал оказался неоднородным, поскольку сухое трение является весьма нестабильным и, как известно, меняется с увеличением силы (в сторону уменьшения). Поэтому при больших интенсивностях, в результате уменьшения трения, происходило сильное искусственное нарастание приведенных сейсмических ускорений. С целью получения действительных значений приведенных сейсмических ускорений и создания возможности использовать полученный ценный материал пришлось прибегнуть к дополнительным проверкам прибора на террировочной платформе. Выявилось, что уже с интенсивности 5-6 баллов для всех маятников за счет уменьшения трения происходит нарастание колебаний в среднем на 20% (толчок 27 июня), при 6 баллах - до 40% (толчки 2 сентября и 4 октября), при 6-7 баллах - до 60% (толчок 16 сентября), при 7 баллах - в 2 раза (толчок 1 октября) и при 8 баллах - в 3 раза (толчок 1 сентября).

При установлении истинных величин приведенных сейсмических

^ж) Выбор мест установки приборов АИС-3М был осуществлен С.А.Пирузяном.

ускорений полученные с помощью многомаятниковых сейсмометров значения ускорений уменьшились в указанных выше соотношениях.

На основании полученных с помощью многомаятниковых сейсмометров величин приведенных сейсмических ускорений (табл. I-I4) были построены спектральные кривые $\tau(T)$, которые для двух землетрясений показаны на рис. I и 2. При этом величины τ приведены без поправочных коэффициентов, учитывающих резкое снижение затухания с возрастанием интенсивности, о чем говорилось выше.

В результате рассмотрения приведенных на фигурах кривых можно заметить, что все они имеют спадающий характер. При спадающей кривой $\tau(T)$, близкой к гиперболе, в большинстве случаев также имеются пики, которые соответствуют различным периодам колебаний, в пределах 0,1-0,3 сек., и зависят от места установки прибора и индивидуального характера толчка. Так, например, в случае рассмотренных I4 толчков пиковым (преобладающим) периодом места установки одного из приборов (№ 73) является 0,25 сек. Преобладающим периодом для толчков 16 сентября и 4 октября является 0,1 сек., поскольку все установленные приборы показали пики на этом периоде. Однако даже при этих толчках для указанного выше участка на кривых получился дополнительный, свойственный этому участку пик на периоде 0,25 сек. Таким образом, по спектральной кривой $\tau(T)$ можно выявить как период, свойственный данному участку, так и преобладающий период колебаний, вызванный толчком.

На основании полученных величин приведенных сейсмических ускорений были подсчитаны приведенные скорости и смещения - спектры действия, которые даны в указанных табл. I-I4. На основании этих данных построены соответствующие спектральные кривые. На рис. 3 показаны кривые приведенных ускорений, скоростей, смещений для толчка I сентября. При этом опять-таки величины спектральных характеристик не помножены на соответствующие коэффициенты. При рассмотрении этих спектров была обнаружена следующая закономерность. Спектральные кривые τ , ν и χ , построенные в одном и том же масштабе для различных грунтовых условий, имеют общие характерные особенности, а именно: во всех случаях спектры χ и ν пересекаются в точке, соответствующей определенному периоду $T=0,3$ сек., спектры χ и τ имеют общую точку на периоде $T=0,47$ сек., а спектры ν и τ имеют пересечение на периоде $T=0,6$ сек. Спектральные кривые для остальных 13 последующих толчков Зангезурского землетрясения, за редким исключением, подчиняются этой же закономерности, т.е. имеют пересечения в точках, соответствующих тем же периодам, с некоторыми

Таблица I

Данные по последующему толчку 23 июня 1968 г. 8 ч. 41 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
T сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
K I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АИС № 73	f мм	0,4	0,3	0,4	0,7	1,0	1,2	1,5	0,5	0,4	0,4	-	-	0,1	0,05
	ε мм/сек ²	1827	414	312	358	391	175	161	38	15	11	-	-	108	29
	v мм/сек.	14,6	6,6	7,5	11,5	15,6	8,4	10,3	3,6	1,9	1,7	-	-	2,6	0,9
	χ мм	0,12	0,11	0,18	0,37	0,62	0,4	0,66	0,35	0,25	0,28	-	-	0,06	0,03
АИС № 74	f мм	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	-	1,2	0,4	0,2	-	0,3
	ε мм/сек ²	1827	414	468	307	196	73	43	23	-	32	2520	330	-	171
	v мм/сек	14,6	6,6	11,2	9,8	7,8	3,5	2,7	2,2	-	5,2	20,2	5,3	-	5,5
	χ мм	0,12	0,11	0,27	0,31	0,31	0,17	0,18	0,21	-	0,83	0,16	0,08	-	0,18
АИС № 76	f мм	0,1	0,3	0,25	0,5	0,5	1,6	1,1	0,5	0,5	0,3	-	1,0	0,1	0,08
	ε мм/сек ²	457	414	195	256	196	234	118	38	19	8	-	1650	108	46
	v мм/сек	3,7	6,6	4,7	8,2	7,8	11,2	7,5	3,6	2,4	1,3	-	26,4	2,6	1,5
	χ мм	0,03	0,11	0,11	0,26	0,31	0,54	0,48	0,35	0,31	0,21	-	0,42	0,06	0,05
АИС № 77	f мм	0,7	0,3	0,5	0,1	0,3	0,6	0,4	0,2	0,15	-	0,1	0,2	0,1	0,2
	ε мм/сек ²	3197	414	390	51	117	88	43	15	6	-	630	330	108	114
	v мм/сек	25,6	6,6	9,4	1,6	4,7	4,2	2,7	1,4	0,7	-	5	5,3	2,6	3,7
	χ мм	0,2	0,11	0,22	0,05	0,19	0,2	0,18	0,14	0,09	-	0,04	0,08	0,06	0,12

Данные по последующему толчку 2 июля 1968 г. II ч. 30 м

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е													
	горизонтальная										вертикальная			
T сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2
K I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570
АМС-3М № 73	f мм	0,7	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,05	0,1	-	-	-	-
	\dot{f} мм/сек ²	3197	276	234	102	78	29	54	4	4	-	-	-	-
	v мм/сек	25,6	4,4	5,6	3,3	3,1	1,4	3,4	0,4	0,5	-	-	-	-
	x мм	0,20	0,07	0,13	0,10	0,13	0,07	0,22	0,03	0,06	-	-	-	-
АМС-3М № 74	f мм	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-	0,2	0,2	-	-	-
	\dot{f} мм/сек ²	913	138	156	51	39	15	-	-	8	5	-	-	-
	v мм/сек	7,3	2,2	3,7	1,6	1,6	0,7	-	-	1	0,9	-	-	-
	x мм	0,06	0,04	0,09	0,05	0,06	0,03	-	-	0,12	0,14	-	-	-
АМС-3М № 77	f мм	0,25	0,5	0,4	-	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	-	-	0,05	0,1
	\dot{f} мм/сек ²	1142	690	312	-	117	29	21	8	4	-	-	83	108
	v мм/сек	9,1	11,0	7,5	-	4,7	1,4	1,4	0,7	0,5	-	-	1,3	2,6
	x мм	0,07	0,18	0,18	-	0,19	0,07	0,09	0,07	0,06	-	-	0,02	0,06

Таблица 3

Данные по последующему толчку 8 июля 1968 г. 22 ч. 20 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная											вертикальная			
Т сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
К I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
ЛИС № 73	ρ мм	0,2	0,6	0,6	0,3	0,5	0,3	0,7	0,2	0,15	0,1	0,1	0,2	-	0,05
	τ мм/сек ²	913	827	468	154	196	44	75	15	6	3	630	330	-	29
	v мм/сек	7,3	13,2	11,2	4,9	7,8	2,1	4,8	1,4	0,7	0,4	5	5,3	-	0,9
	χ мм	0,06	0,21	0,27	0,16	0,31	0,10	0,31	0,14	0,09	0,07	0,04	0,09	-	0,03
ЛИС № 74	ρ мм	0,25	0,5	0,5	0,4	0,3	0,35	-	-	-	-	0,1	0,1	0,5	0,15
	τ мм/сек ²	1142	690	390	205	117	51	-	-	-	-	630	165	540	86
	v мм/сек	9,1	11,0	9,4	6,6	4,7	2,5	-	-	-	-	5	2,6	13	2,7
	χ мм	0,07	0,18	0,22	0,21	0,19	0,12	-	-	-	-	0,04	0,04	0,31	0,09
ЛИС № 76	ρ мм	0,1	0,5	0,3	0,4	0,7	1,0	0,6	0,2	0,2	0,35	0,1	0,1	-	0,06
	τ мм/сек ²	457	690	234	205	274	146	64	15	8	9	630	165	-	342
	v мм/сек	3,7	11	5,6	6,6	11	7	4,1	1,44	1,0	1,5	5,0	2,6	-	10,9
	χ мм	0,03	0,18	0,13	0,21	0,44	0,34	0,26	0,14	0,12	0,24	0,04	0,04	-	0,35
ЛИС № 77	ρ мм	0,6	0,8	0,6	0,3	0,2	0,5	0,4	-	0,1	-	0,06	0,1	0,2	0,2
	τ мм/сек ²	2740	1103	468	154	78	73	43	-	4	-	378	165	216	114
	v мм/сек	21,9	17,7	11,2	4,9	3,1	3,5	2,7	-	0,5	-	3	2,6	5,2	3,7
	χ мм	0,18	0,28	0,27	0,16	0,13	0,17	0,18	-	0,06	-	0,02	0,04	0,12	0,12

Таблица 4

Данные по последующему толчку 27 июля 1968 г. 3 ч. 10 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная											вертикальная			
T сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
K Г/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АИС № 73	f мм	0,7	1,5	2,0	2,8	6,2	9,6	6,0	4,5	3,0	2,4	-	0,2	0,6	0,6
	T мм/сек ²	3197	2069	1560	1434	2424	1402	642	338	114	65	-	330	648	342
	V мм/сек	25,6	31,1	37,4	45,9	97	67,3	41,1	32,4	14,5	10,4	-	5,3	15,5	10,9
	X мм	0,20	0,53	0,90	1,47	3,88	3,23	2,63	3,11	1,84	1,66	-	0,85	0,32	0,35
АИС № 74	f мм	0,5	1,5	2,2	3,0	2,4	4,0	2,7	1,2	1,3	1,0	0,3	0,3	0,4	0,6
	T мм/сек ²	2284	2069	1716	1536	938	584	289	90	49	27	1890	495	432	342
	V мм/сек	18,3	33,1	41,2	49,2	37,5	28,0	18,5	8,6	6,3	4,3	15,1	7,9	10,4	10,9
	X мм	0,15	0,53	0,99	1,57	1,50	1,35	1,18	0,83	0,80	0,69	0,12	0,13	0,25	0,35
АИС № 76	f мм	-	2,8	1,2	4,4	2,7	5,4	3,5	1,8	1,4	1,2	-	-	-	-
	T мм/сек ²	-	3861	936	2253	1056	788	375	135	53	32	-	-	-	-
	V мм/сек	-	61,8	22,5	72,1	42,2	37,8	24,0	13,0	6,8	5,2	-	-	-	-
	X мм	-	0,99	0,54	2,31	1,69	1,82	1,53	1,24	0,86	0,83	-	-	-	-
АИС № 77	f мм	1,2	3,0	2,1	1,5	1,8	2,6	2,0	1,5	1,1	0,7	0,2	0,9	0,5	0,6
	T мм/сек ²	5480	4137	1638	768	704	380	214	113	42	19	1260	1485	540	342
	V мм/сек	43,8	66,2	39,3	24,6	28,2	18,2	13,7	10,8	5,3	10,1	10,1	23,8	13,0	10,9
	X мм	0,35	1,06	0,94	0,79	2,13	0,87	0,88	1,04	0,67	0,48	0,08	0,38	0,31	0,35

Таблица 5

Данные по последующему толчку 5 августа 1968 г. 14 ч. 5 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
T сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
K 1/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АМС № 73	f мм	0,3	1,5	1,0	1,2	1,8	2,0	1,2	0,6	0,7	0,2	0,05	-	0,3	0,2
	\dot{T} мм/сек ²	1370	2069	780	614	704	292	128	45	27	5	315	-	324	114
АМС № 74	V мм/сек	11,0	33,1	18,7	19,7	28,2	14,0	8,2	4,3	3,4	0,9	2,5	-	7,8	3,7
	X мм	0,09	0,53	0,45	0,63	1,13	0,67	0,53	0,41	0,43	0,14	0,02	-	0,19	0,12
	f мм	0,6	1,8	1,3	1,2	1,0	1,5	1,4	-	0,9	0,4	-	-	0,2	0,4
АМС № 76	\dot{T} мм/сек ²	2740	2482	1014	614	391	219	150	-	34	11	-	-	216	228
	V мм/сек	21,9	39,7	24,3	19,7	15,6	10,5	9,6	-	4,3	1,7	-	-	5,2	7,3
	X мм	0,18	0,64	0,58	0,63	0,63	0,50	0,61	-	0,55	0,28	-	-	0,12	0,23
АМС № 76	f мм	0,1	1,4	0,7	0,6	0,3	1,5	0,7	0,5	0,6	0,3	0,1	-	0,15	0,2
	\dot{T} мм/сек ²	457	1931	546	307	117	219	75	38	23	8,1	630	-	162	114
	V мм/сек	3,7	30,9	13,1	9,8	4,7	10,5	4,8	3,6	2,9	1,3	5,0	-	3,9	3,7
АМС № 77	X мм	0,03	0,49	0,31	0,31	0,19	0,50	0,31	0,35	0,37	0,21	0,04	-	0,09	0,12
	f мм	1,2	2,4	1,4	0,8	0,9	1,3	1,0	0,6	0,6	0,5	0,5	1,3	0,7	0,7
	\dot{T} мм/сек ²	5480	3310	1092	410	352	190	107	45	23	14	315	2145	756	399
АМС № 77	V мм/сек	43,8	53,0	26,2	13,1	14,1	9,1	6,9	4,3	2,9	2,2	2,5	34,3	18,1	12,8
	X мм	0,35	0,85	0,63	0,42	0,56	0,44	0,44	0,41	0,37	0,35	0,02	0,55	0,43	0,41

Таблица 6

Данные по последующему толчку 18 августа 1968 г. 19 ч. 59 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
Tсек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
K I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АИС № 73	φ мм	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	1,2	0,35	0,3	0,3	-	-	-	-
	τ мм/сек ²	457	276	234	205	274	117	128	26	11	8	-	-	-	-
	v мм/сек	3,7	4,4	5,6	6,6	11,0	5,6	8,2	2,5	1,5	1,3	-	-	-	-
	χ мм	0,03	0,07	0,13	0,21	0,44	0,27	0,53	0,24	0,18	0,21	-	-	-	-
АИС № 74	φ мм	0,1	0,15	0,2	0,3	0,3	0,4	0,15	-	-	0,1	-	-	-	-
	τ мм/сек ²	457	207	156	154	117	58	16	-	-	3	-	-	-	-
	v мм/сек	3,7	3,3	3,7	4,9	4,7	2,8	1,0	-	-	0,4	-	-	-	-
	χ мм	0,03	0,05	0,09	0,16	0,19	0,13	0,07	-	-	0,07	-	-	-	-
АИС № 76	φ мм	-	0,4	0,1	0,3	0,2	1,2	1,1	0,2	0,2	0,15	-	-	-	-
	τ мм/сек ²	-	552	78	154	78	175	118	15	8	4	-	-	-	-
	v мм/сек	-	8,8	1,9	4,9	3,1	8,4	7,5	1,4	1,0	0,7	-	-	-	-
	χ мм	-	0,14	0,05	0,16	0,13	0,40	0,48	0,14	0,12	0,1	-	-	-	-
АИС № 77	φ мм	0,15	0,7	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	3,0	-	-	-	-	-	-
	τ мм/сек ²	685	965	312	102	78	44	21	225	-	-	-	-	-	-
	v мм/сек	5,5	15,4	7,5	3,3	3,1	2,1	1,4	21,6	-	-	-	-	-	-
	χ мм	0,04	0,25	0,18	0,10	0,13	0,10	0,09	2,07	-	-	-	-	-	-

Таблица 7

Данные по последующему толчку I сентября 1968 г. 9 ч. 42 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
	Т сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2
К I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АИС № 73	φ мм	8	26	20	31	38	28	35	30	30	24	1,3	5,5	14	16,5
	τ мм/сек ²	36536	35854	15600	15872	14858	4088	3745	2250	1140	648	8190	9075	15120	9405
АИС № 74	ν мм/сек	292,3	574,0	374,4	508,0	594,3	196,2	240,0	216,0	145,0	104,0	65,5	145,2	363	301
	χ мм	2,34	9,18	8,99	16,25	23,80	9,42	15,34	20,7	18,4	16,6	0,52	2,32	8,71	9,63
АИС № 74	φ мм	7	10	17	50	40	30	38	21	27	20	2	5	14	20
	τ мм/сек ²	31969	13790	13260	25600	15640	4380	4066	1575	1026	540	12600	8250	15120	11400
АИС № 76	ν мм/сек	254,8	220,6	318,2	819,2	625,6	210,2	260,2	151,2	130,3	86,4	100,8	132,0	362,9	364,8
	χ мм	2,04	3,53	7,64	26,2	25,02	10,1	16,65	14,5	16,5	13,8	0,8	2,11	8,71	11,67
АИС № 76	φ мм	2,5	22	17	31	34	38	34	28	26	21	1,0	7,5	8	16
	τ мм/сек ²	11418	30338	13260	15872	13294	5548	3638	2100	988	567	6300	12375	8640	9120
АИС № 77	ν мм/сек	91,3	485,4	318,2	507,9	531,8	266,3	232,8	201,6	125,5	90,7	50,4	198	207,4	291,8
	χ мм	0,73	7,8	7,6	16,3	21,3	12,8	14,9	19,4	15,9	14,5	0,40	3,20	4,98	9,34
АИС № 77	φ мм	9	31	37	29	35	31	25	18	22	12	4,5	14	14	11
	τ мм/сек ²	41103	42749	28860	14848	13685	4526	2675	1350	836	324	28350	23100	15120	6270
АИС № 77	ν мм/сек	328,8	684,0	692,6	475,1	547,4	217,2	171,2	129,6	106,2	51,8	226,8	369,6	362,9	200,6
	χ мм	2,63	10,94	16,6	15,2	21,9	10,4	10,96	12,4	13,48	8,29	1,8	5,91	8,71	6,42

Таблица 8

Данные по последующему толчку 2 сентября 1968 г.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
Т сек	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,10	0,15	0,20	
К I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АИС № 73	f мм	0,9	3,3	-	3,3	6,4	11	6,6	2,6	2,5	2,0	-	0,85	0,6	0,6
	τ мм/сек ²	4110	4551	-	1690	2502	1606	706	195	95	54	-	1403	648	342
	v мм/сек	32,9	72,8	-	54,1	100,1	77,1	45,2	18,7	12,1	8,6	-	22,4	15,5	10,9
	x мм	0,26	1,16	-	1,73	4,00	3,70	2,89	1,80	1,53	1,38	-	0,36	0,37	0,35
АИС № 74	f мм	1,2	3	2,4	3,4	2,8	4,4	2,7	1,5	1,4	1,2	0,35	0,4	0,5	1,1
	τ мм/сек ²	5480	4137	1872	1741	1095	642	289	113	53	32	2205	660	540	627
	v мм/сек	43,8	66,2	44,9	55,7	43,8	30,8	18,5	10,8	6,8	5,2	17,6	10,6	13,0	20,1
	x мм	0,35	1,06	1,08	1,78	1,75	1,48	1,18	1,04	0,86	0,83	0,14	0,17	0,31	0,64
АИС № 76	f мм	0,9	1,7	1,5	5,0	3,9	5,6	3,9	1,8	1,7	1,2	-	0,2	0,25	0,5
	τ мм/сек ²	4110	2344	1170	2560	1525	818	417	135	65	32	-	330	270	285
	v мм/сек	32,9	37,5	28,1	81,9	61	39,2	26,7	13,0	8,2	5,18	-	5,3	6,5	9,1
	x мм	0,26	0,60	0,67	2,62	2,44	1,88	1,71	1,24	1,04	0,83	-	0,09	0,16	0,29
АИС № 77	f мм	2,4	6,3	4,0	2,6	2,4	3,6	2,2	1,5	1,5	1,3	0,4	2	1,6	1,2
	τ мм/сек ²	10961	8688	3120	1331	938	526	235	113	57	35	2520	3300	1728	684
	v мм/сек	87,7	139,0	74,9	42,6	37,5	25,2	15,1	10,8	7,2	5,6	20,2	52,8	40,5	21,9
	x мм	0,70	2,22	1,80	1,36	1,50	1,21	0,96	1,04	0,92	0,90	1,62	0,84	0,97	0,70

Таблица 9

Данные по последующему толчку 6 сентября 1968 г. 8 ч. 56 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
T сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
K I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АМС № 73	f мм	1,5	2,6	2,6	3,2	4,2	4,6	2,5	1,0	1,0	0,7	-	-	0,4	0,6
	T мм/сек	6851	3585	2028	1638	1642	672	268	75	38	19	-	-	432	342
	V мм/сек	54,8	57,4	48,7	52,4	65,7	32,2	17,1	7,2	4,8	3,0	-	-	10,4	10,9
	X мм	0,44	0,92	1,17	1,68	2,63	1,56	1,10	0,70	0,60	0,48	-	-	0,25	0,35
АМС № 74	f мм	1,2	5,6	4	2,9	2,2	3,3	2,3	1,2	1,0	1,1	0,25	0,6	1,1	1,5
	T мм/сек	5480	7722	3120	1485	860	482	246	90	38	30	1575	990	1188	855
	V мм/сек	43,8	123,6	75,0	47,5	34,4	23,1	15,8	8,6	4,8	4,8	12,6	14,8	28,5	27,4
	X мм	0,35	1,98	1,80	1,52	1,38	1,11	1,01	0,83	0,61	0,76	0,10	0,24	0,68	0,88
АМС № 76	f мм	1,1	3,6	3,2	3,5	3,0	4,4	3,3	1,6	1,6	1,2	-	0,5	0,6	0,7
	T мм/сек ²	5024	4964	2469	1792	1173	642	353	120	61	32	-	825	648	399
	V мм/сек	40,2	79,4	60,0	57,3	46,9	30,8	22,6	11,5	7,7	5,2	-	13,2	15,5	12,8
	X мм	0,32	1,27	1,44	1,83	1,90	1,48	1,45	1,11	0,98	0,83	-	0,21	0,37	0,41
АМС № 77	f мм	3,1	6,7	4,5	2,2	2,0	3,4	2,3	1,4	1,0	0,9	0,7	2,3	2,3	1,7
	T мм/сек ²	14158	9239	3510	1126	782	496	246	105	38	24	4410	3795	2484	969
	V мм/сек	113,3	147,8	82,2	36,0	31,3	23,8	15,8	10,1	4,8	3,9	35,3	60,7	59,6	31,0
	X мм	0,90	2,37	1,97	1,15	1,30	1,14	1,01	0,97	0,60	0,62	0,28	0,97	1,43	0,99

Данные по последующему толчку 8 сентября 1968 г. 17 ч. 20 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
Т сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
К I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АИС № 73	f мм	0,2	0,2	0,1	0,15	0,35	0,2	0,4	0,1	0,1	0,15	-	-	-	0,4
	τ мм/сек ²	913	276	78	77	137	29	43	8	4	4	-	-	-	228
	ν мм/сек	7,3	4,4	1,9	2,5	5,5	1,4	2,7	0,7	0,5	0,7	-	-	-	7,3
	χ мм	0,06	0,07	0,05	0,08	0,22	0,07	0,18	0,07	0,06	0,1	-	-	-	0,23
АИС № 74	f мм	0,15	-	0,15	-	0,2	0,55	0,1	-	-	0,2	-	-	-	-
	τ мм/сек ²	685	-	117	-	78	80	11	-	-	5	-	-	-	-
	ν мм/сек	5,5	-	2,8	-	3,1	3,9	0,7	-	-	0,9	-	-	-	-
	χ мм	0,04	-	0,07	-	0,13	0,18	0,04	-	-	0,14	-	-	-	-
АИС № 76	f мм	1,1	0,7	0,5	0,9	0,6	1,6	0,9	0,8	0,6	0,2	0,4	-	-	-
	τ мм/сек ²	5024	965	390	461	235	234	96	60	23	5	2520	-	-	-
	ν мм/сек	40,2	15,4	9,4	14,8	9,4	11,2	6,2	5,8	2,9	0,9	20,2	-	-	-
	χ мм	0,32	0,25	0,22	0,47	0,38	0,54	0,39	0,55	0,37	0,14	0,16	-	-	-
АИС № 77	f мм	0,3	0,5	0,2	-	0,1	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-
	τ мм/сек ²	1370	690	156	-	39	29	21	-	-	-	-	-	-	-
	ν мм/сек	11,0	11,0	3,7	-	1,6	1,4	1,4	-	-	-	-	-	-	-
	χ мм	0,09	0,18	0,09	-	0,06	0,07	0,09	-	-	-	-	-	-	-

Таблица II

Данные по последующему толчку 10 сентября 1968 г. 18 ч. 40 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
T сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
K I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АМС № 73	f мм	0,6	1,2	1,2	1,9	2,3	2,8	1,8	0,8	0,7	0,6	-	0,2	0,1	0,15
	ε мм/сек ²	2740	1655	936	973	899	409	193	60	27	16	-	330	108	86
	v мм/сек	21,9	26,5	22,5	31,1	36,0	19,6	12,3	5,8	3,4	2,6	-	5,3	2,6	2,7
	χ мм	0,18	0,42	0,54	1,00	1,44	0,94	0,79	0,55	0,43	0,41	-	0,09	0,06	0,09
АМС № 74	f мм	0,25	1,5	1,7	1,6	1,0	1,5	0,9	0,45	0,4	0,35	-	0,2	-	0,35
	ε мм/сек ²	1142	2069	1326	819	391	219	96	34	15	10	-	330	-	200
	v мм/сек	9,1	33,1	31,8	26,2	15,6	10,5	6,2	3,2	1,9	1,5	-	5,3	-	6,4
	χ мм	0,07	0,53	0,76	0,84	0,62	0,50	0,40	0,31	0,25	0,24	-	0,09	-	0,2
АМС № 76	f мм	0,5	0,6	0,5	1,3	1,1	2,0	1,2	0,65	0,6	0,2	-	-	-	-
	ε мм/сек ²	2284	827	390	666	430	292	128	49	23	5	-	-	-	-
	v мм/сек	18,3	13,2	9,4	21,3	17,2	14,0	8,2	4,7	2,9	0,9	-	-	-	-
	χ мм	0,15	0,21	0,22	0,68	0,69	0,67	0,53	0,45	0,37	0,14	-	-	-	-
АМС № 77	f мм	0,8	2,1	1,3	0,85	0,7	1,3	0,8	0,35	0,4	0,3	0,2	0,6	0,5	0,4
	ε мм/сек ²	3654	2896	1014	435	274	190	86	26	15	8	1260	990	540	228
	v мм/сек	29,2	46,3	24,3	13,9	11,0	9,1	5,5	2,5	1,9	1,3	10,1	15,8	13,0	7,3
	χ мм	0,23	0,74	0,58	0,55	0,44	0,44	0,35	0,24	0,25	0,21	0,08	0,25	0,31	0,23

Таблица 12

Данные по последующему толчку 16 сентября 1968 г. II ч. 12 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
Т сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
К I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АМС № 73	f мм	0,75	5,5	7,5	4	8,3	13,5	9	4,5	4	2,5	0,1	0,6	1,2	2,2
	T мм/сек ²	3425	7585	5850	2048	3245	1971	963	338	152	68	630	990	1296	1254
	v мм/сек	27,4	121,4	140,4	65,5	129,8	94,6	61,6	32,4	19,3	10,8	5,0	14,8	31,1	40,1
	x мм	0,22	1,94	3,37	2,10	5,19	4,54	3,94	3,11	2,45	1,73	0,04	0,24	0,75	1,3
АМС № 74	f мм	0,9	12,3	11	5,5	4,9	8,7	6,4	3,7	2,7	2,5	0,1	0,5	1,6	1,4
	T мм/сек ²	4110	16962	8580	2816	1916	1270	685	278	103	68	630	825	1728	798
	v мм/сек	32,9	271,4	205,9	90,1	76,6	61,0	43,8	26,6	13,0	10,8	5,0	13,2	41,5	25,5
	x мм	0,26	4,34	4,94	2,88	3,07	2,93	2,80	2,56	1,65	1,73	0,04	0,21	1,00	0,81
АМС № 76	f мм	0,8	8,2	6	2,9	2,8	6,4	5,2	2,2	2,3	1,8	0,2	3	-	2
	T мм/сек ²	3654	11308	4680	1485	1095	934	556	165	87	49	1260	4950	-	1140
	v мм/сек	29,2	180,9	112,3	47,5	43,8	44,9	35,6	15,8	11,1	7,8	10,1	79,2	-	-
	x мм	0,23	2,89	2,7	1,52	1,75	2,15	2,28	1,52	1,41	1,24	0,08	1,27	-	1,17
АМС № 77	f мм	3	15,5	8,8	4,5	4	6,7	4,4	3,1	3	2,8	0,4	7,8	3,1	2
	T мм/сек ²	13701	21375	6864	2304	1564	978	471	233	114	76	2520	12870	3348	1140
	v мм/сек	109,6	342,0	164,7	73,7	62,6	47,0	30,1	22,3	14,5	12,1	20,2	206	80,4	36,5
	x мм	0,88	5,47	3,95	2,36	2,50	2,25	1,93	2,14	1,84	1,94	0,16	3,30	1,93	1,17

Таблица 13

Данные по последующему толчку 1 октября 1968 г. 22 ч. 20 мин.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
T сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
K I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АМС №42	f мм	2,9	8,7	10,4	8,6	6,1	8,2	6,6	3,1	3	2,6	0,3	0,9	2,8	1,8
	T мм/сек ²	13344,3	11997,3	8112	4403,2	2385,1	1193,2	706,2	232,5	114	70,2	1890	1485	3024	1026
	v мм/сек	106,8	192	194,7	140,9	95,4	57,4	45,2	22,3	14,5	11,2	15,1	23,8	72,6	32,8
	x мм	0,85	3,07	4,67	4,5	3,8	2,9	2,9	2,1	1,83	1,79	0,12	0,38	1,7	1,05
АМС № 73	f мм	4,6	5,2	15,9	13,3	26	34	26,5	9,0	7,5	6,2	0,4	1,8	3,1	5,8
	T мм/сек ²	21008,2	7170,8	124,02	6809,6	10166	4964	2835,5	675	285	167,4	2520	2970	3348	3306
	v мм/сек	168,1	114,7	297,6	217,9	406,6	238,3	181,5	64,8	36,2	26,8	20,2	47,5	80,4	105,8
	x мм	1,34	1,84	7,14	6,97	16,3	11,4	11,6	6,2	4,6	4,3	0,16	0,76	1,93	3,4
АМС № 74	f мм	3,5	10	16,1	13,2	11,5	18,8	12,8	6	5,9	5,1	0,9	1,4	4,3	4,5
	T мм/сек ²	15985	13790	12558	6758	4497	2745	1370	450	224	138	5670	2310	4644	2565
	v мм/сек	127,9	220,6	301,4	216,3	179,9	131,8	87,7	43,2	28,5	22	45,4	37	111,4	82,1
	x мм	1,02	3,53	7,2	6,9	7,2	6,3	5,6	4,1	3,6	3,52	0,36	0,6	2,7	2,63
АМС №76	f мм	3,1	5,2	7,5	14,5	15,5	30	20	8,5	7,6	5,4	0,4	1,2	-	2,3
	T мм/сек ²	14158	7171	5850	7424	6061	4380	2140	638	289	146	2520	1980	-	1311
	v мм/сек	113,3	114,7	140,4	237,4	242,4	210,2	137	61,2	36,7	23,3	20,2	31,7	-	41,9
	x мм	0,9	1,84	3,37	7,6	9,7	10,1	9	5,9	4,7	3,7	0,16	0,51	-	1,3
АМС №77	f мм	9,3	19	16,5	10,2	8	14,3	10,0	4,6	4,8	3,9	1,8	7,1	2,8	3,6
	T мм/сек ²	42473	26201	12870	5222	3128	2088	1070	345	182	105	1134	11715	3024	2052
	v мм	339,8	419,2	308,9	167,1	125,1	100,2	68,5	33,1	23,2	16,85	90,7	187,4	72,6	65,7
	x мм	2,72	6,7	7,4	5,3	5	4,8	4,4	3,2	2,95	2,7	0,73	3,0	1,7	2,1

Данные по последующему толчку 4 октября 1968 г., 00 ч. I7 м.

Параметры	С о с т а в л я ю щ и е														
	горизонтальная										вертикальная				
T сек	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,05	0,1	0,15	0,2	
K I/сек ²	4567	1379	780	512	391	146	107	75	38	27	6300	1650	1080	570	
АМС №42	f мм	0,05	1,9	2,1	1,4	1,2	1,6	1,45	0,5	0,6	0,5	-	-	0,2	-
	γ мм/сек ²	228	2620	1638	717	469	234	155	38	23	14	-	-	216	-
	v мм/сек	1,8	41,9	39,2	22,9	18,8	11,2	9,9	3,6	2,9	2,2	-	-	512	-
	χ мм	0,02	0,67	0,94	0,73	0,75	0,54	0,63	0,34	0,36	0,34	-	-	0,24	-
АМС №73	f мм	0,7	3,6	5,3	5	6,5	11,1	6,2	2,1	1,8	1,8	-	0,6	0,7	1,9
	γ мм/сек ²	3197	4964	4134	2560	2542	1621	663	158	68	49	-	990	756	1083
	v мм/сек	25,6	79,4	99,2	81,9	101,7	77,8	42,5	15,1	8,7	7,8	-	14,8	18,1	34,7
	χ мм	0,2	1,3	2,4	2,6	4,1	3,7	2,7	1,45	1,1	1,25	-	0,24	0,43	1,1
АМС №74	f мм	0,7	7,4	9,5	6,2	4,9	7	5,4	2,6	2,8	2	0,1	0,7	1,6	2,6
	γ мм/сек ²	3197	10205	7410	3174	1916	1022	578	195	106	54	630	1155	1728	1482
	v мм/сек	25,6	163,3	177,8	101,6	76,6	49,1	37	18,7	13,5	8,6	5	18,5	41,5	47,4
	χ мм	0,2	2,6	4,3	3,3	3,1	2,4	2,4	1,8	1,7	1,4	0,04	0,3	1,0	1,5
АМС № 76	f мм	-	5,9	6	5,6	3,4	5,8	3,5	1,8	1,9	11,6	0,1	1,9	-	2,5
	γ мм/сек ²	-	8136	4680	2867	1329	847	375	135	72	313	630	3135	-	1425
	v мм/сек	-	130,2	112,3	91,8	53,2	40,6	24	13	9,2	50,1	5	50,2	-	45,6
	χ мм	-	2,1	2,7	2,9	2,1	1,95	1,53	1,24	1,2	8	0,04	0,8	-	1,5
АМС №77	f мм	2,2	11,5	8	5	3,2	5,3	4	2,1	1,9	1,6	0,2	2,2	1,7	1,0
	γ мм/сек ²	10047	15859	6240	2560	1251	774	428	758	72	43	1260	3630	1836	570
	v мм/сек	80,4	253,7	149,8	81,9	50	37,1	27,4	15,1	9,2	6,9	10,1	58,1	44,1	18,2
	χ мм	0,64	4,1	3,6	2,6	2	1,8	1,78	1,45	1,2	1,1	0,08	0,93	1,1	0,6

отклонением, в пределах не более $\pm 10\%$.

Согласно установленной закономерности, если имеются спектральные кривые χ и ν , представляется целесообразным при расчетах на сейсмостойкость для сооружений с периодом более 0,3 сек. брать в основу величину χ , а для периодов менее 0,3 сек. — ν ; если имеются спектральные кривые χ и τ , то при расчетах сооружений с периодами более 0,47 сек. надо брать в основу величину χ , а для периодов менее 0,47 сек. — τ ; если имеются спектральные кривые ν и τ , то при расчете сооружений с периодами более 0,6 сек. следует брать в основу ν , а при сооружениях с периодами менее 0,6 сек. —

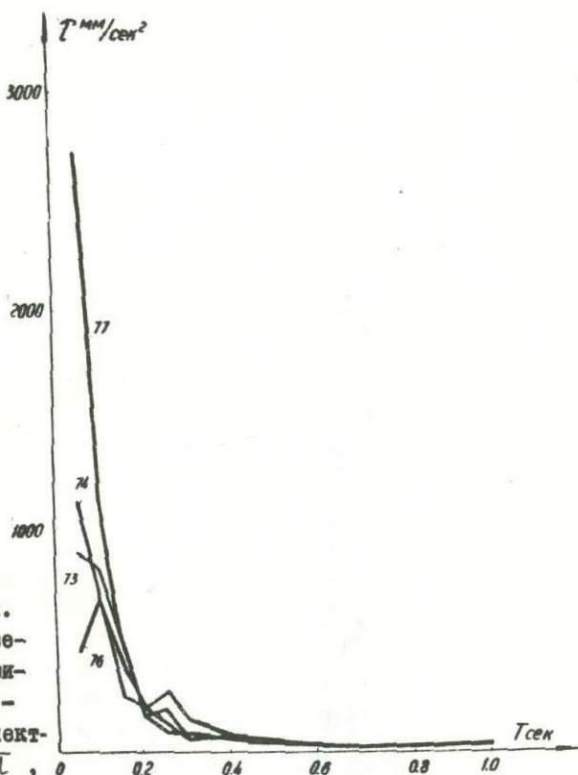


Рис. I. Кривые $\tau(T)$ для толчка 8 июля

Оценка балльности зарегистрированных толчков производилась по величине средней приведенной скорости V_{cp} , в соответствии со шкалой, составленной А.Г. Назаровым и Б.К. Каралетяном. В этой шкале даются значения усредненных приведенных скоростей V_{cp} , соответствующие отдельным баллам. При этом V_{cp} определяется из величин приведенных ускорений τ_i , полученных по показаниям многомаятниковых сейсмометров, следующим образом:

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i T_i}{2.97n} \quad (I)$$

где T_i — периоды свободных колебаний маятников;
 n — число маятников.

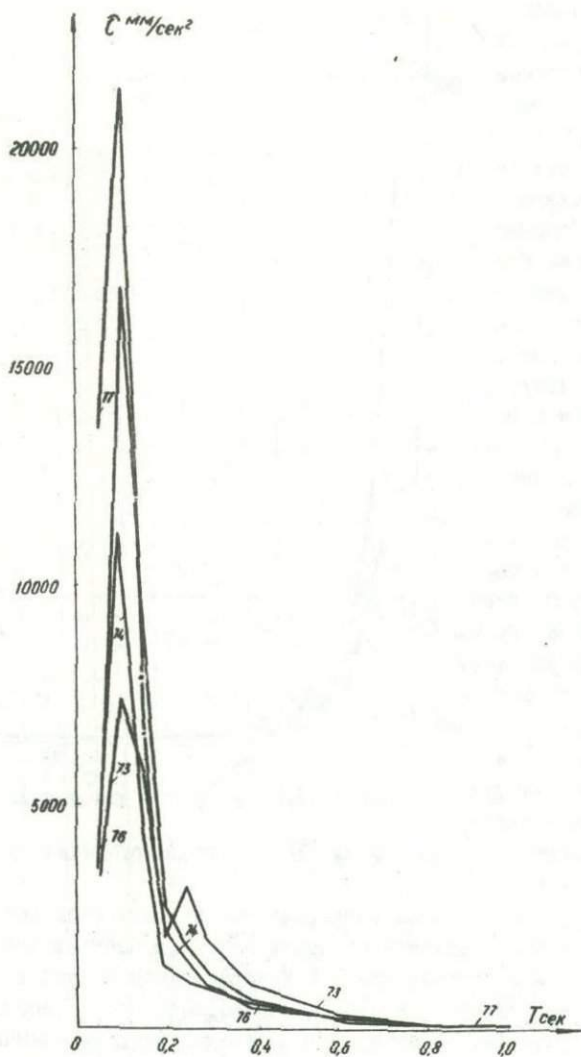


Рис.2. Кривые τ (T) для толчка 16 сентября

Средняя приведенная скорость $V_{\text{ср}}$ и величина спектра действия $\chi_{\text{с}}$ шкалы С.В.Медведева [3] связаны соотношением:

$$V_{\text{ср}} \approx 25 \chi_{\text{с}} \quad (2)$$

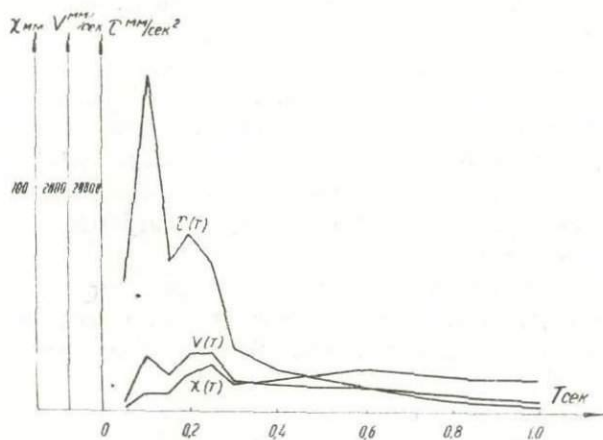


Рис.3. Кривые ζ , ν и χ для толчка I сентября

В табл. 15 приводятся величины $\nu_{\text{ср}}$ и χ_0 , соответствующие различным баллам.

Таблица 15

Значения средних приведенных скоростей и спектров действия

Балл	$\nu_{\text{ср}}$ см/сек.	χ_0 мм	Балл	$\nu_{\text{ср}}$ см/сек.	χ_0 мм
1	0,08-0,15	-	7	6,0-10,0	2,1-4,0
2	0,16-0,30	-	8	11,0-20,0	4,1-8,0
3	0,31-0,60	-	9	21,0-40,0	8,1-16,0
4	0,61-1,20	-	10	41,0-80,0	16,1-32,0
5	1,21-2,40	0,5-1,0	11	81,0-160,0	-
6	2,50-5,00	1,1-2,0	12	161,0-320,0	-

По формуле (1) были подсчитаны величины $\nu_{\text{ср}}$ для одного маятника с $T=0,25$ сек. и для семи маятников с $T=0,1-0,6$ сек. Путем сопоставления найденных величин $\nu_{\text{ср}}$ с данными шкалы балльности (табл. 15) были установлены интенсивности всех 14 последующих толчков Загаурского землетрясения 9 ию-

ня 1968 г. Интенсивности этих толчков получились в пределах от 3 до 8 баллов. Эти данные сведены в табл. 16.

Сравнение полученных результатов показывает, что подсчеты средних значений приведенных скоростей как по одному маятнику, так и по семи маятникам приводят к одним и тем же результатам - значениям балльности. Следовательно, полученные с помощью многомаятниковых сейсмометров величины средних приведенных сейсмических скоростей могут служить мерой для определения интенсивности землетрясений.

Приведенные сейсмические ускорения также были определены аналитически, путем обработки записей колебаний во времени некоторых из последующих толчков Загзурского землетрясения 9 июня 1968 года ^{*)}.

Записи колебаний грунта табулировались и, в соответствии с разработанной Н.К. Карапетян методикой [4], на электронно-вычислительной машине "Раздан-2", по специально составленной программе, определялись величины приведенного сейсмического ускорения для периодов от 0,05 до 2,5 сек. и логарифмические декременты затухания: 0; 0,05; 0,1; 0,2 (табл. 17-21). По полученным приведенным сейсмическим ускорениям строились спектральные кривые $\tau(T, \alpha)$, которые для землетрясения 23 июня 1968 года показаны на рис. 4.

При рассмотрении этих кривых обнаружено, что все они убывающего характера и могут быть описаны гиперболой. Однако в некоторых случаях эти кривые имеют отдельные пики. Примечательным является именно то, что в этих пиковых точках особенно сказывается влияние декремента колебаний.

С целью проверки, возможны ли искажения при обработке записей с различным увеличением, были проанализированы две записи с различными увеличениями одного и того же толчка от 23 июня 1968 г. Сравнение этих спектральных кривых показывает, что они имеют одинаковый характер и, в пределах точности, не отличаются по величинам приведенных сейсмических ускорений.

Были также получены значения τ в зависимости от времени t при различных величинах T и α и построены соответствующие кривые. На рис. 5 приведены кривые τ при $\alpha = 0,1$ и $T = 0,15; 0,20; 0,25$ и $0,30$ сек. для толчка 23 июня 1968 г.

^{*)} Записи были любезно предоставлены Д.Н. Рустановичем.

Таблица 16

Установленные интенсивности последующих толчков Зангезурского
землетрясения 9 июня 1968 года

№№ пп	Дата толчка	V мм/сек., T=0,25 сек.					V ср мм сек.	Бал- лы	V мм/сек., T=0,1-0,6 сек.					V ср мм сек.	Бал- лы
		№ 73	№ 74	№ 76	№ 77	№ 42			№ 73	№ 74	№ 76	№ 77	№ 42		
1.	23/6	16	8	8	5	-	9	4	II	7	7	4	-	7	4
2.	2/7	3	2	-	5	-	3	3	3	2	-	4	-	3	3
3.	8/7	8	5	II	3	-	7	4	7	7	7	6	-	7	4
4.	27/7	8I	32	35	24	-	43	6	4I	26	32	24	-	3I	6
5.	5/8	28	16	5	14	-	16	5	18	20	II	18	-	17	5
6.	18/8	II	5	3	3	-	6	3	6	4	5	8	-	6	3
7.	1/9	198	209	177	182	-	192	8	129	124	121	138	-	128	8
8.	2/9	7I	3I	44	27	-	43	6	44	27	30	25	-	3I	6
9.	6/9	66	34	47	3I	-	45	6	40	47	44	50	-	48	6
10.	8/9	5	3	9	2	-	5	3	3	3	10	4	-	5	3
11.	20/9	36	16	17	II	-	20	5	22	18	11	16	-	17	5
12.	16/9	8I	48	28	39	-	49	6-7	57	70	43	66	-	59	6-7
13.	1/10	203	89	121	63	48	105	7	110	85	82	88	54	84	7
14.	4/10	73	55	38	36	14	43	6	50	64	47	63	15	48	6

Максимальные значения приведенных сейсмических ускорений при толчке 15 июня 1968 г.

Т сек.	$\alpha = 0$		$\alpha = 0,05$		$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,2$	
	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}
0,05	1,901	18588,6	0,745	-16860,6	0,745	-15498,0	0,717	10170,2
0,10	3,033	32349,6	1,183	-18773,4	0,918	14891,4	0,768	-11357,3
0,15	1,918	9958,3	0,792	-7736,7	0,789	-6740,2	0,785	-5550,3
0,20	3,043	-12042,7	1,442	-6846,3	1,438	-5136,7	1,159	3501,9
0,25	3,080	-4742,0	1,193	-3622,7	1,091	-3126,8	1,091	-2479,0
0,30	1,122	-2567,4	1,119	-2336,8	1,115	-2134,1	1,111	-1790,6
0,40	1,809	831,2	0,891	-742,5	0,890	-703,0	0,884	-642,4
0,60	0,894	-280,2	0,894	-244,7	0,894	-269,4	0,894	-259,6
0,80	0,904	-171,2	0,901	-164,2	0,898	-158,4	0,894	-149,9
1,00	0,748	129,7	0,748	118,9	0,748	114,6	0,745	107,3
1,60	1,176	39,2	1,173	36,4	1,173	33,9	1,173	29,8
2,50	0,894	-25,2	0,894	-24,5	0,894	-23,8	0,894	-22,6

Таблица 18

Максимальные значения приведенных сейсмических ускорений
при толчке 23 июля 1968 г.

Т сек.	$\alpha = 0$		$\alpha = 0,05$		$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,2$	
	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}
0,05	0,764	11612,1	0,536	-8628,1	0,536	-6831,0	0,507	4641,5
0,10	0,720	1148,5	0,528	991,1	0,528	933,2	0,527	839,5
0,15	0,468	723,6	0,468	673,8	0,468	629,1	0,468	553,2
0,20	1,652	-966,4	0,836	-771,7	0,728	646,4	0,728	490,3
0,25	1,152	-1206,9	1,028	944,1	1,024	758,0	0,784	558,2
0,30	2,144	-745,5	0,948	-522,3	0,944	-461,4	0,796	385,4
0,40	0,708	-177,6	0,708	-168,0	0,708	-159,1	0,704	-143,4
0,60	0,584	41,6	0,584	41,1	0,584	40,5	0,708	-40,1
0,80	0,712	-22,4	0,712	-22,2	0,708	-22,0	0,708	-21,7
1,00	0,712	-15,3	0,712	-14,9	0,712	-14,7	0,712	-14,2
1,60	0,580	6,4	0,584	6,3	0,584	6,2	0,580	6,0
2,50	0,584	3,3	0,584	3,3	0,584	3,2	0,584	3,1

Максимальные значения приведенных сейсмических ускорений при толчке 26 июня 1968 г.

Т. сек.	$\alpha = 0$		$\alpha = 0,05$		$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,2$	
	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}
0,05	3,269	-8741,8	1,242	5070,0	1,196	-4347,8	0,911	1328,7
0,10	0,986	-1047,4	0,986	-1264,0	0,986	-1191,0	0,986	-960,8
0,15	2,980	-1589,3	1,256	1317,8	1,016	1179,2	1,102	997,3
0,20	3,222	-1509,0	1,418	-764,9	1,415	-628,7	1,296	477,2
0,25	2,242	-396,1	1,454	-360,7	1,454	-369,6	1,451	-320,3
0,30	2,574	548,7	1,379	354,8	1,372	296,0	1,357	230,5
0,40	1,109	235,7	1,109	183,7	1,109	147,9	0,101	-130,6
0,60	1,102	112,6	0,620	-98,8	0,162	-95,0	0,158	87,8
0,80	0,037	-81,6	0,183	-72,6	0,184	-70,1	0,180	-65,5
1,00	1,253	-66,0	0,238	-56,4	0,234	-54,3	0,230	-50,6
1,60	1,159	39,7	1,156	35,8	0,382	-34,1	0,374	-31,7
2,50	3,139	-23,7	0,623	-22,7	0,623	-21,9	0,623	-20,2

Таблица 20

Максимальные значения приведенных сейсмических ускорений
при толчке 23 июля 1968 г.

Т сек.	$\alpha = 0$		$\alpha = 0,05$		$\alpha = 0,1$		$\alpha = 0,2$	
	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}
0,05	0,559	-8265,0	0,549	-4697,2	0,373	3702,6	0,347	-2866,8
0,10	1,440	-2414,0	0,382	1981,4	0,324	-1729,2	0,324	-1439,7
0,15	0,725	2576,4	0,430	1823,9	0,430	1559,7	0,356	1288,2
0,20	1,042	-1040,6	0,949	837,7	0,954	741,4	0,374	-609,3
0,25	1,150	-1197,0	0,898	-976,6	0,896	-809,8	0,891	-591,6
0,30	0,828	623,2	0,823	534,6	0,819	461,7	0,689	-369,5
0,40	0,614	176,3	0,607	164,1	0,605	149,9	0,313	134,7
0,60	0,329	57,7	0,328	56,3	0,326	54,9	0,322	52,7
0,80	0,605	31,6	0,605	29,9	0,605	30,7	0,245	-20,8
1,00	0,246	-23,3	0,247	-22,6	0,245	-22,0	0,603	27,9
1,60	0,484	-12,2	0,484	-11,8	0,481	-10,7	0,248	-10,3
2,50	0,709	-7,4	0,709	-7,2	0,490	-6,3	0,488	-6,0

Таблица 21

Максимальные значения приведенных сейсмических ускорений при толчке 27 июля 1968 г.

Т сек.	$\lambda = 0$		$= 0,05$		$= 0,1$		$= 0,2$	
	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}	Момент максимума t_{max}	τ_{max}
0,05	1,581	-28328,5	1,581	-23871,6	1,321	-9430,3	0,020	-588,3
0,10	6,916	-7149,8	1,808	-5071,7	1,607	-5162,1	1,347	-2912,4
0,15	4,355	-7093,6	1,574	4427,4	1,567	3794,8	1,567	3162,5
0,20	2,535	4844,1	1,841	-2927,1	1,627	-2377,4	1,401	-1929,9
0,25	6,190	-4791,3	1,794	3120,2	1,794	2646,4	1,567	1963,9
0,30	1,587	1611,7	1,581	1532,2	1,581	1450,7	1,567	1320,9
0,40	1,594	423,6	1,594	429,1	1,594	431,5	1,587	431,1
0,60	1,514	-123,1	1,514	-124,1	1,514	-123,9	1,514	-121,1
0,80	1,347	100,1	1,347	92,2	1,348	86,1	1,347	77,6
1,00	1,254	-54,7	1,254	-49,5	1,254	-45,1	1,254	-38,6
1,60	1,341	30,0	1,341	28,2	1,341	26,6	1,341	24,0
2,50	1,587	13,9	1,570	13,1	1,567	12,4	1,567	11,2

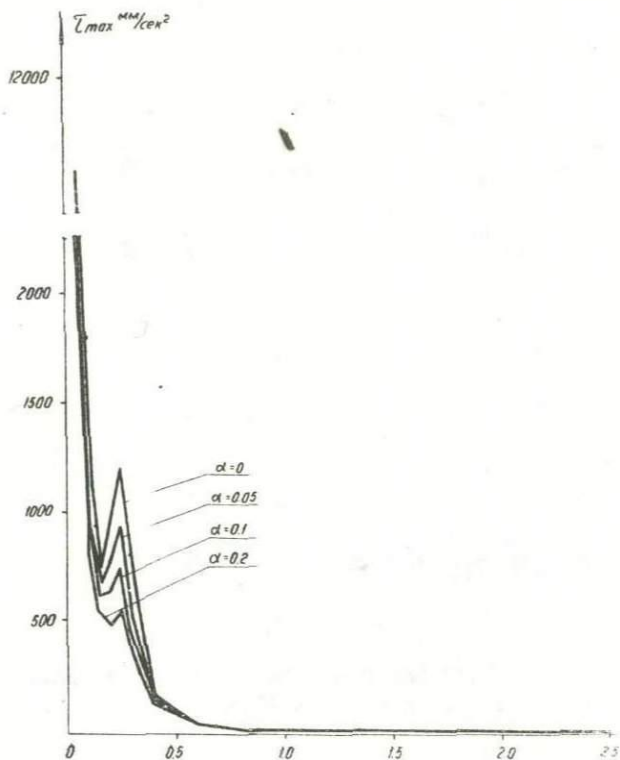


Рис. 4. Кривые $\tau(T)$ при различных α для толчка 23 июня

Далее были построены графики зависимости приведенного сейсмического ускорения от логарифмического декремента, которые даны на рис. 6. Из их анализа следует, что декремент, во-первых, большее влияние оказывает на короткие периоды и во-вторых, наибольшее влияние декремента наблюдается при малых затуханиях (от 0 до 0,05-0,1).

На основании полученных величин приведенных сейсмических ускорений определялись приведенные сейсмические скорости по формуле (1). При этом определялись $V_{ср}$ из одиннадцати значений T при $T = 0,1 - 2,5$ сек.; $V_{жн}$ - для жестких зданий из семи значений T , при $T = 0,1 - 0,4$ сек.; $V_{сг}$ - для зданий средней гибкости, при $T = 0,6; 0,8$ и $1,0$ сек. и V_r - для зда-

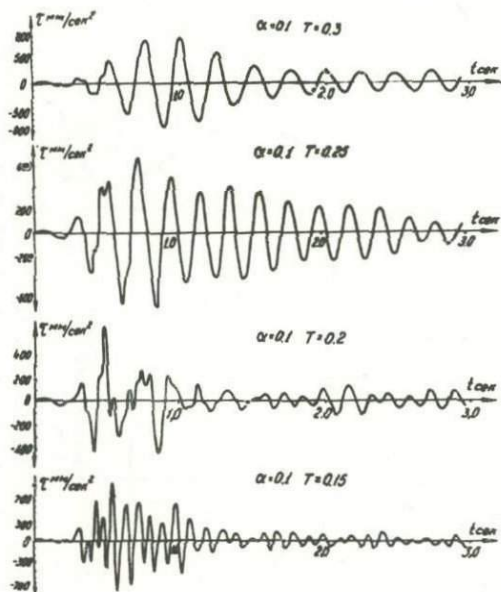


Рис. 5. Кривые $\ddot{U}(t)$ при различных значениях T и одинаковой величине α для толчка 23 июня

ний гибких, при $T = 1,6$ и $2,5$ сек. Полученные величины сведены в табл. 22.

Из табл. 22 видно, что наибольшая приведенная сейсмическая скорость получается для жестких зданий, у которых период основного тона свободных колебаний находится в пределах $0,1-0,4$ сек. Это наиболее распространенные в сейсмических районах здания. Для зданий с периодом $0,6 - 1,0$ сек. приведенная сейсмическая скорость получается намного меньше. Такой величины периоды имеют здания повышенной этажности. Что касается сооружений гибких, то для них приведенные сейсмические скорости очень малой величины.

В результате рассмотрения приведенных в таблице данных заключаем, что с увеличением затухания в четыре раза среднее значение приведенной сейсмической скорости уменьшается в 1,5

Таблица 22

Значения приведенных сейсмических скоростей

Привед. скорости мм/сек.	Мера рас- сея- ния	Дата толчков				
		15/06	23/06	26/06	23/07	27/07
V_{cp}	0	-	13,6	19,1	21,9	70,6
$V_{жс}$		-	23,4	20,5	44,8	122,0
$V_{сг}$		23,0	2,5	10,6	4,4	11,0
V_r		10,0	1,2	9,8	3,1	6,6
V_{cp}	0,05	99,0	11,0	15,0	17,9	49,8
$V_{жс}$		168,0	18,6	19,8	29,4	84,0
$V_{сг}$		22,0	2,5	9,2	4,8	10,5
V_r		9,5	1,2	9,1	2,9	6,2
V_{cp}	0,1	83,0	9,7	14,1	14,7	44,7
$V_{жс}$		139,0	16,1	17,6	24,0	75,0
$V_{сг}$		21,0	2,4	8,9	4,2	10,0
V_r		9,0	1,2	8,6	2,6	5,9
V_{cp}	0,2	66,0	8,4	11,6	12,7	35,2
$V_{жс}$		108,0	13,8	14,4	20,5	58,0
$V_{сг}$		20,0	2,4	8,3	4,0	9,2
V_r		8,3	1,2	8,1	2,5	5,3

раза. Примерно такая же зависимость для $V_{жс}$, а что касается $V_{сг}$ и особенно V_r , то на них увеличение затухания почти не оказывает влияния.

Из пяти последующих толчков, для которых по записи колебаний во времени аналитически были получены величины приведенных сейсмических скоростей, два толчка (23 июня и 27 июля)

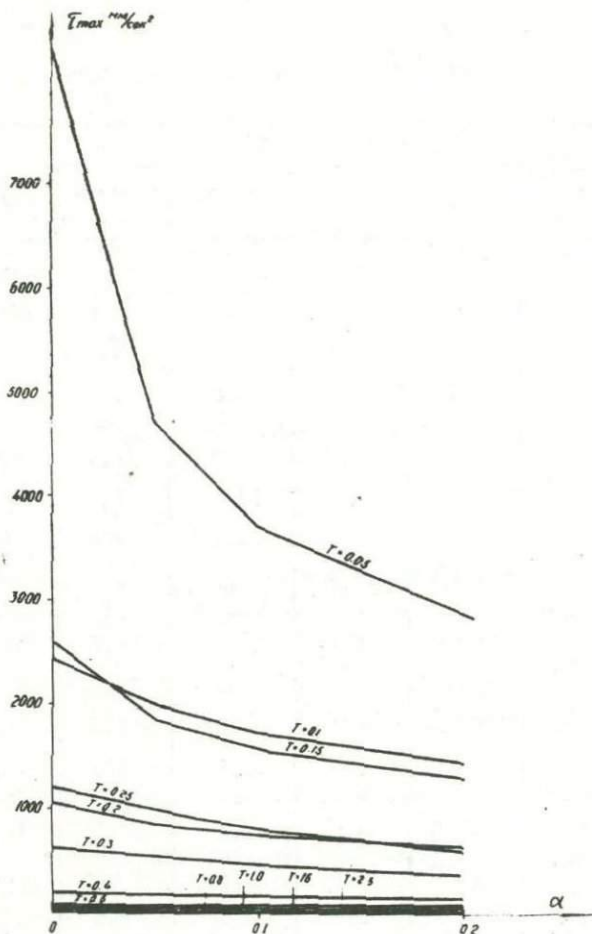


Рис. 6. Кривые $\tau(\alpha)$ при различных T для толчка 23 июня

были также записаны с помощью многомаятниковых сейсмометров. Сравнение величин $V_{ср}$, полученных аналитически и непосредственно с помощью многомаятниковых сейсмометров показало, что они мало отличаются. Кривые приведенных сейсмических ус-

корений в обоих случаях имеют одинаковый характер.

Проведенное нами исследование последующих толчков Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. силой от 3 до 8 баллов показывает, что реакция сооружений при различных интенсивностях сейсмического колебания проявляется по-разному, в частности, кривые приведенных сейсмических ускорений имеют различный характер. Однако при этом наблюдаются и общие закономерности проявления, а именно, установленное постоянство характерных точек пересечения спектральных кривых ζ , ν и χ , независимо от интенсивности землетрясения, а также от грунтовых условий.

Л и т е р а т у р а

1. Назаров А.Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван, изд. АН Арм. ССР, 1959.
2. Карапетян Б.К. Многомаятниковые сейсмометры и результаты их применения в инженерной сейсмологии. Ереван, изд. "Айпетрат", 1963.
3. Медведев С.В. Новая сейсмическая шкала. Труды Геофизич. ин-та АН СССР, № 21 (110), 1953.
4. Карапетян Н.К. Методика определения приведенных сейсмических ускорений по сейсмограммам землетрясений и взрывов. "Доклады АН Арм.ССР", т. XIII, № 5, 1966.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ 9-ЭТАЖНОГО
ЖИЛОГО ДОМА, ВОЗВЕДЕННОГО В г. КАФАНЕ, ПРИ ПОСЛЕДУЮЩИХ
ТОЛЧКАХ ЗАНГЕЗУРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 9 ИЮНЯ 1968 г.*)

1. Общая характеристика здания

Исследуемый 9-этажный II2-квартирный жилой дом имеет прямоугольное очертание в плане, с размерами 80,0 x 11,2 м. Высота здания 29,0 м. Первый этаж здания отведен под магазины.

Основной несущей конструкцией здания является монолитный железобетонный каркас, с шагом колонн в продольном направлении 3,2 м, в поперечном направлении — 5,6 м. Фундаменты под колонны железобетонные ленточные, с изоляцией от агрессивных вод. Заполнение каркаса в торцах здания и в части лестничных клеток из пемзоблоков, толщиной 20 см. Подоконные блоки из шлакобетона, толщиной 30 см. Перегородки из железобетонных плит. Перекрытия из плоских железобетонных сборных плит с последующим замоноличиванием и заполнением швов бетоном марки 100. В здании имеется антисейсмический шов, который делит его по длине в отношении 3:5.

Основаниями под фундаменты здания служат галечно-гравелистые отложения с песчаным заполнением, залегающие на глубине 2,3 — 3,2 м. Уровень грунтовых вод 2,7 м.

Общий вид здания показан на рис. 1.

2. Установленная аппаратура и ее характеристики

В качестве датчиков для записи колебаний были использованы ВЭГИК, С-5-С и СПМ-16. Регистрирующими приборами служили осциллографы ПОБ-12М, Н-700, ИСО-П, ОСБ-У1. Питание осциллографов следующее: ПОБ-12М и Н-700 параллельно от двух аккумуляторов по 12 вольт; ИСО-П — от одного из этих же аккумуляторов; ОСБ-У1 — от отдельного аккумулятора в 6 вольт.

* В выполнении настоящей работы принимали участие сотрудники отдела инженерной сейсмологии ИГИС АН Арм.ССР Ф. Григорян, Р. Егиазарян, Э. Саркисян, Г. Гарибян.



Рис. 1. Общий вид обследованного здания

Подзарядка аккумуляторов производилась без отключения аппаратуры, с помощью выпрямителя ВСА-IIIБ, подключаемого в сеть. Регулировка чувствительности каналов осуществлялась с помощью коробок заглублений ШК-2.

На рис. 2 показана аппаратура, готовая к регистрации колебаний.

Запись ускорения на грунте, фундаменте (у основания одной из колонн) и чердаке осуществлялась с помощью осциллографа ПОБ-12М с гальванометрами ГБ-Ш-3 (5 герц) и датчиков СПМ-16.

Для записи смещений были использованы: 1. Осциллограф Н-700 с гальванометрами ГБ-Ш-3 (5 герц) и датчики ВЭГИК (на грунте, фундаменте, III этаже, VI этаже и чердаке); 2. Осциллограф ИСО-П с гальванометрами ГБ-IV (10 герц) и датчики С-5-С (на грунте, фундаменте и чердаке); 3. Осциллограф ОСБ-IV с гальванометрами ГБ-Ш-3 (5 герц) и датчики ВЭГИК (на грунте, фундаменте и чердаке).

Установленные датчики показаны на рис. 3 (ВЭГИК, С5С и СПМ-16).

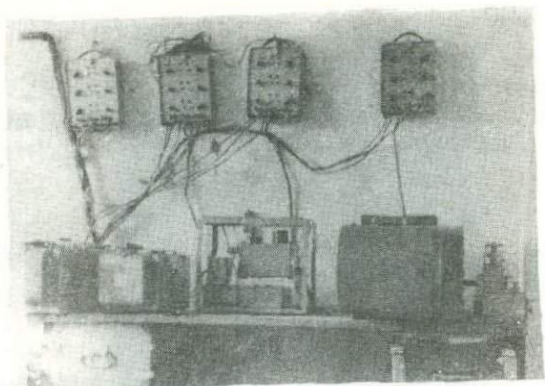


Рис. 2. Регистрирующая аппаратура, подготовленная для записи колебаний



Рис.3. Установленные датчики (ВЭГИК, С-5-С, СПМ-16)

Скорости протяжки в осциллографах следующие: ПОБ-12М-24 мм/сек., Н-700-40 мм/сек., ИСО-П-6 мм/сек., ОСБ-У1-3,0 и 6,5 мм/сек.

Все приборы были тарированы в указанном выше сочетании осциллографов, гальванометров и датчиков.

Получены следующие величины ускорений, соответствующих 1 мм

на записи: 7,6; 8,0 и 8,1 мм/сек². В среднем, без существенной погрешности (максимум 5%), для всех трех каналов принято: 8 мм/сек². на 1 мм записи.

Для смещений получены кривые увеличения для всех каналов. На рис. 4, 5, 6 даны частотные характеристики по одному каналу для трех использованных с этой целью осциллографов ИСО-П, Н-700 и ОСБ-У1. В среднем для интересующих нас периодов можно принять следующие увеличения: ИСО-П-400, Н-700-1200 и ОСБ-У1-2000 (при отсутствии дополнительных сопротивлений).

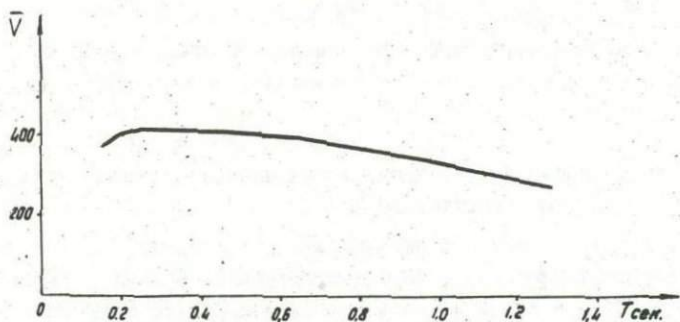


Рис. 4. Частотная характеристика канала осциллографа ИСО-П
(С-5-С, ГБ-IV - 10 герц)

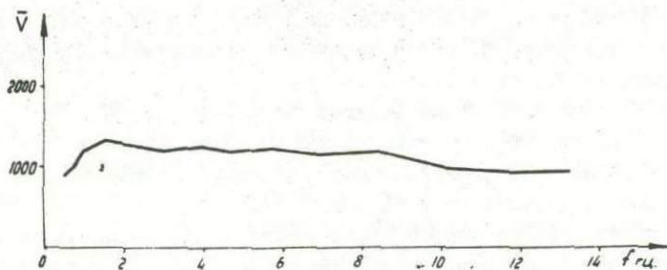


Рис. 5. Частотная характеристика канала осциллографа Н-700
(ВЭГИК, ГБ-III - 5 герц)

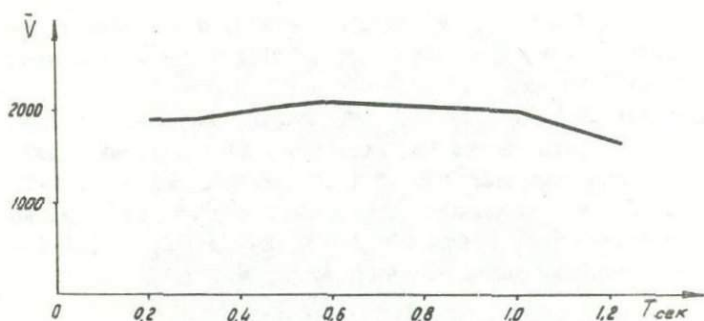


Рис. 6. Частотная характеристика канала осциллографа ОСБ-У1 (ВЭГИК, ГБ-Ш - 5 герц)

3. Описание исследований и полученные результаты

В исследуемом здании были записаны микросейсмь, взрыв и последующие толчки Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.

М и к р о с е й с м ь. При записи микросейсм были использованы осциллографы ИСО-П и Н-700, с увеличениями каналов соответственно 400 и 1200. Измерения были произведены 23 сентября, в 16⁰⁰ и 23⁰⁰ часов, соответствующие максимальным и минимальным колебаниям в течение суток. При этом запись микросейсм производилась путем пуска осциллографов вручную. Для времени 23⁰⁰ часов записи по всем каналам получены в виде прямых линий, т.е. интенсивность колебаний была ниже чувствительности приборов. В 16⁰⁰ записи на грунте и фундаменте также были по прямой линии, а для Ш и У1 этажей, а также чердака по записям Н-700 и для чердака по записи ИСО-П получились вполне отчетливые колебания, близкие по форме к синусоиде. Указанные записи, полученные с помощью ИСО-П, приведены на рис. 7.

Из полученных по микросейсмам данных установлено, что период собственных колебаний здания находится в пределах $T=0,51 - 0,55$ сек., а максимальная амплитуда на уровне чердака $-0,04$ мм.

В з р ы в. Для записи взрыва, осуществленного 25 сентября на Ленинских рудниках в штольне и скважинах, с общим весом взрывчатого вещества 5,8 тонны, были использованы все 4 осцил -

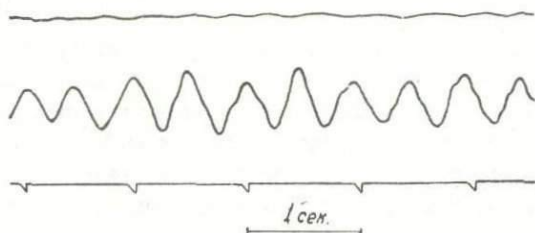


Рис. 7. Запись микросейсм, полученная на осциллографе ИСО-П

логафа. При этом осциллограф ИСО-П устанавливался на автоматический пуск, с целью получения как данных по колебаниям здания, так и проверки времени запаздывания записи колебаний при пуске. Остальные 3 осциллографа включались вручную, за 15 секунд до взрыва, после получения сообщения по телефону.

Увеличения каналов были следующие: ПОБ-12М-8 мм/сек², на 1 мм записи; ИСО-П - 80:80:40; Н-700-600:600:240:240:120; ОСБ-У1-1000:1000:400 (считая с основания здания).

Осциллограф ИСО-П включался с помощью пускового устройства, установленного на самом осциллографе, от датчика ВЭГИК с перемотанной рабочей катушкой, имеющей 1250 витков провода ПЭ-0,05. Осциллограф ОСБ-У1 работал от механического пружинного привода со скоростью вращения барабана 6,5 мм/сек. До производства записи барабан вращался с упомянутой скоростью. При включении осциллографа, с целью получения записи, на осветитель подавалось напряжение 5 вольт. Отключение осциллографов производилось после установления по матовому экрану осциллографа Н-700 прекращения колебаний.

Записи ускорений получились с очень малыми амплитудами колебаний. Но, тем не менее, после их обработки найдено, что приблизительно максимальное ускорение на грунте равно 3 мм/сек², на фундаменте оно сильно уменьшается и порядка 1 мм/сек², а на чердаке - 5 мм/сек². При этом период колебаний на грунте - 0,04 сек., а в здании (по замерам на уровне чердака) - 0,2 сек.

При этом взрыве получились весьма интересные записи смещений, зарегистрированные на всех трех осциллографах.

По записи на ИСО-П получено, что при взрыве максимальная амплитуда смещения на грунте и на фундаменте одинакова и равна

0,005 мм, период колебаний 0,16 сек. На чердаке максимальная амплитуда колебаний 0,014 мм, период колебаний 0,5 сек., с наложенным периодом 0,16 сек. При этом продолжительность колебаний от взрыва на грунте и на фундаменте — 3 сек., а на чердаке — 6 сек. Далее, после замирания колебаний от взрыва, появляются затухающие свободные колебания здания с намного большей амплитудой (максимальная амплитуда колебаний на уровне чердака 0,028 мм, период колебаний 0,5 сек.), которые длятся 20 сек. Логарифмический декремент, найденный по записи на чердаке, оказался равным $\delta = 0,17$.

Записи с помощью осциллографа Н-700 получились такими, что на них можно выделить начальную и главную фазы взрыва, а также момент замирания колебаний в грунте и возникновения затухающих свободных колебаний здания. На грунте и на фундаменте колебания взрыва получились идентичными (максимальная амплитуда 0,004 мм, период колебаний 0,25 сек). На III и VI этажах максимальные амплитуды смещений получились в два раза больше, а на чердаке 0,015 мм. Максимальная амплитуда свободных колебаний на уровне чердака оказалась равной 0,027 мм, а период свободных колебаний 0,58 сек.

Наиболее четкими получились записи на осциллографе ОСБ-У1, поскольку увеличения были выбраны большими. Записи колебаний на грунте и на фундаменте при взрыве получились одного характера; колебания на уровне чердака резко отличались. При этом, после замирания колебаний на грунте и фундаменте, возникли свободные колебания здания с возросшей амплитудой, которые со временем затухли. Однако с началом свободных колебаний здания совпало возникновение новых, правда незначительных колебаний грунта и фундамента, что можно объяснить обратным влиянием здания на грунт, т.е. возникновением вторичного поля колебаний. Период колебаний взрыва получился равным 0,25 сек.; период собственных колебаний здания — 0,58 сек. При взрыве максимальная амплитуда колебаний на грунте 0,06 мм, а на чердаке — 0,014 мм. Максимальная амплитуда свободных колебаний здания — 0,028 мм.

Полученные при взрыве с помощью ОСБ-У1 записи смещений приведены на рис. 8.

Землетрясения. Поскольку в результате замеров при взрыве была выявлена полная идентичность записи на

грунте (внутри здания) и фундаменте, приборы с фундамента были переставлены на V этаж, а прибор с VI этажа перенесен на VII этаж.

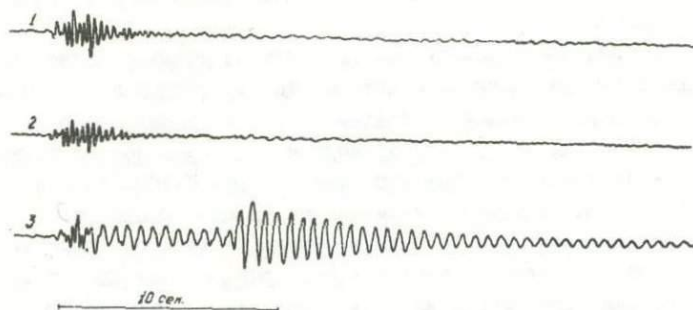


Рис. 8. Запись взрыва, полученная на осциллографе ОСБ-VI:
1. Грунт; 2. Фундамент; 3. Чердак.

Ожидаемые интенсивности колебаний в г.Кафане от повторных толчков Зангезурского землетрясения 9 июня находились в пределах I-5 баллов. Исходя из этого предположения, чувствительности приборов были оставлены примерно те же, что и при взрыве, а именно, были установлены следующие увеличения: ПОБ-12М-8 мм/сек² на I мм записи; ИСО-П-80:40:40; Н-700-600:600:240:120:120; ОСБ-VI - 1000:400:400.

При записи последующих толчков землетрясения скорости протяжки лент в осциллографах были сохранены, кроме осциллографа ОСБ-VI, где вместо 6,5 мм/сек, была установлена скорость 3 мм/сек.

Всего получены записи колебаний здания при 10 последующих толчках Зангезурского землетрясения. При этом с помощью Н-700 были зарегистрированы все указанные толчки, а остальными тремя осциллографами записи некоторых толчков не были получены. При анализе использованы данные всех приборов и в результате определены значения смещений и ускорений, соответствующие отдельным толчкам. Эти данные систематизированы и на основании их анализа получены некоторые закономерности колебаний рассматриваемого здания.

Первое, что следует отметить, это то, что колебания начинаются с высокочастотных (на грунте 0,03 сек., а в здании 0,2 сек.), далее они накладываются на собственные колебания здания с частотой 0,55–0,58 сек., а уже после прекращения колебаний грунта начинаются чистые (без наложений) собственные колебания здания.

Интенсивность замеренных последующих толчков колебалась в пределах 10 раз, начиная с интенсивности, равной силе взрыва.

Наиболее сильным из зарегистрированных был толчок 1 октября 1968 года. На рис. 9 приведены записи колебаний, полученные при этом толчке с помощью осциллографа Н-700. Если во время взрыва максимальные отклонения на уровне грунта и чердака менялись примерно в 3 раза, то в случае последующих толчков это изменение находилось в пределах 5–10 раз, причем оно было больше, чем выше интенсивность сотрясения. Например, при последующем толчке 28 сентября максимальное отклонение на уровне I этажа было равно 0,002 мм, а на уровне чердака – 0,01 мм; при толчке 1 октября эти величины соответственно равнялись: 0,018 и 0,021 мм. Что касается ускорений, то в случае 1 октября они менялись от 24 мм/сек.² на уровне I этажа до 88 мм/сек.² на уровне чердака.

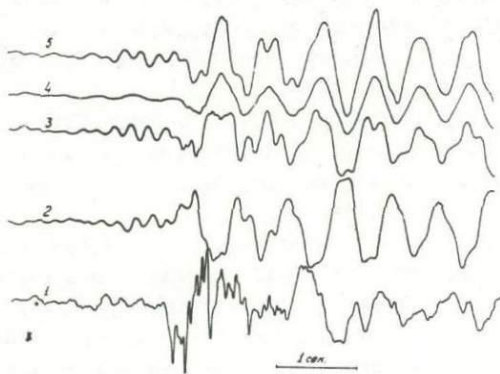


Рис. 9. Запись землетрясения 1 октября 1968 г., полученная на осциллографе Н-700

1. Грунт; 2. I этаж; 3. III этаж; 4. IV этаж; 5. Чердак.

4. В ы в о д ы

1. Определены динамические характеристики колебаний 9-этажного монолитного железобетонного каркасного здания: период основного тона свободных колебаний $T = 0,50-0,58$ сек., логарифмический декремент $\delta = 0,17$.

2. Найдены параметры колебаний исследуемого здания при микросейсмах, взрывах и последующих толчках Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.: максимальные смещения от 0,001 до 0,020 мм на уровне первого этажа (на грунте) и от 0,015 до 0,208 мм на уровне чердака; максимальные ускорения от 1 до 24 мм/сек.² на грунте и от 5 до 88 мм/сек.² на уровне чердака.

3. Установлено, что колебания здания как при взрыве, так и при последующих толчках землетрясения происходят по форме, где преобладают изгибные деформации.

4. Выявлено, что при взрыве, после прекращения колебаний на грунте, возникают затухающие свободные колебания здания, с начальной амплитудой, намного большей максимальной амплитуды колебания здания. При этом, в результате свободных колебаний здания, возникают новые колебания грунта, которые следует объяснить обратным влиянием здания на грунт, то есть образованием вторичного поля колебаний.

5. Установлена целесообразность организации помимо стационарных инженерно-сейсмологических станций, также инструментальных наблюдений над колебаниями характерных зданий при последующих толчках имевшего место сильного землетрясения.

6. Используя полученный материал, можно произвести спектральный анализ сейсмических воздействий различного вида (микросейсмы, взрыв, последующие толчки землетрясения), происшедших в одном и том же месте, с целью выявления характерных особенностей и установления общих закономерностей в их проявлениях.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ТАКТОНИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ
ЗАНГЕЗУРСКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ

В 1969 г. трестом "Спецгеофизика" в юго-восточной Армении проведена аэромагнитная съемка, охватившая эпицентральною область Зангезурского землетрясения 1968 г. и значительную часть территории Армении и Азербайджана, общей площадью 14000 кв. км.

В ее задачи входило изучение глубинного строения района и построение детальной карты ΔT_{α} - основы для выявления в дальнейшем локальных аномалий векового хода магнитного поля Земли. Съемка выполнялась на постоянной высоте 4200 м от уровня моря по системе взаимно-перпендикулярных маршрутов, ориентированных в широтном и меридиональном направлениях, что дало возможность создать опорную сеть, обеспечивающую уверенную увязку, и выбрать маршруты, проходящие в спокойных полях. Средне-квадратичная погрешность измерений составила ± 8 гамм, что позволило на карте ΔT_{α} провести изолинии через 25 гамм.

Магнитное поле района имеет сложный характер. Однако представляется возможным, в зависимости от интенсивности, знака, формы простирания и характера изменения магнитных аномалий с северо-востока на юго-запад, выделить пять зон. В целом все магнитные зоны имеют северо-западное простирание, на фоне которых наблюдаются нарушения структуры магнитного поля как в широтном и меридиональном, так и северо-восточном направлениях (см. схему).

Первая зона занимает крайнее северо-восточное положение и характеризуется относительно повышенными положительными значениями ΔT_{α} (100-200 гамм). В пределах этой зоны выделяются локальные аномалии (максимумы) северо-западного простирания с градиентом менее 50 γ /км. Сопоставляя данные магнитной съемки с геологическими и учитывая магнитные свойства горных пород района, а также теоретические расчеты глубин залегания магнитных масс, могущих обуславливать наблюдаемое поле, приходим к заключению, что аномалообразующими факторами этой зоны являются эффузивные образования средней юры, представленные порфиритами и их туфитами, которые характеризуются намаг-

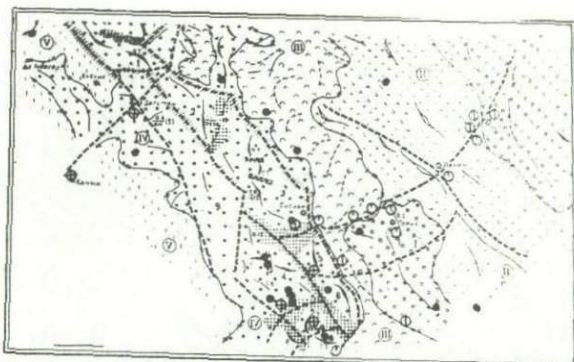


Схема геологической интерпретации магнитного поля Зангезурской сейсмоактивной зоны и прилегающих районов

I - область слабопеременного, в основном положительного магнитного поля, обусловленного эффузивами средней юры (I зона); 2 - область слабопеременного, в основном отрицательного магнитного поля, вызванного, по-видимому, слабомагнитными эффузивно-осадочными отложениями нижней юры и мела (II зона); 3 - область переменного, преимущественно отрицательного магнитного поля, вызванного андезито-базальтовыми лавами неоген-четвертичных возрастов (III зона); 4 - область положительного, сильно дифференцированного магнитного поля, обусловленного, по-видимому, суммарным эффектом по-род палеозоя и вулканогенных толщ палеогена, неогена и антропогена (IV зона); 5 - область спокойного отрицательного магнитного поля, вызванного распространением осадочных отложений нижнего и среднего эоцена (V зона); 6 - границы магнитных зон; 7 - зоны глубинных разломов по аэромагнитным данным; 8 - области локальных минимумов ΔT_a в пределах IV зоны; 9 - зоны больших градиентов ΔT_a ; 10 - линии нарушения корреляции осей магнитных аномалий; 11 - оси магнитных аномалий, обусловленных, по-видимому, интрузиями основного состава доюрского возраста; 12 - оси магнитных аномалий, вызванных ультраосновными породами офиолитового пояса Антикавказа; 13 - оси положительных и отрицательных магнитных аномалий, вызванных эффузивными и интрузивными образованиями альпийского возраста; 14 - глубина верхней кромки магнитновозмущающей массы; числитель - глубина верхней кромки (в км); знаменатель - интенсивность намагниченности в единицах CGSM; 15 - номера блоков в четвертой зоне; 16 - эпицентры землетрясений: а) 7-8 и 8-балльные (по макросейсмическим данным); б) 6-7 и 7-балльные (по макросейсмическим данным); в) 5-6 и 6-балльные (по макросейсмическим данным); г) по инструментальным данным.

иченностью порядка $700-800 \cdot 10^{-6}$ СГСМ. Пересчет поля в верхнее полупространство на высоте 9000 м показывает, что породы, вызывающие аномалию, распространяются на глубину порядка 3-4 км.

Вторая зона магнитного поля характеризуется в основном отрицательными значениями ΔT_a с небольшими горизонтальными градиентами (порядка $25 \gamma/\text{км}$). На фоне отрицательных аномалий выделяются отдельные локальные аномалии изометричной формы с интенсивностью порядка 300 гамм и слегка вытянутые линейные аномалии с интенсивностью в 50-100 гамм. При сопоставлении с геологической картой района выясняется, что эта зона соответствует области распространения вулканогенно-осадочных, практически немагнитных или очень слабо магнитных (порядка $50-100 \cdot 10^{-6}$ СГСМ) пород мела и нижней юры, прорванных интрузиями кислого, основного и ультраосновного состава. При этом изометрическими формами аномалии в виде полосы северо-западного простирания характеризуются Шальва-Лачинский интрузивный массив гранодиоритов, который, судя по полю ΔT_a , прослеживается далее на северо-запад и юго-восток и соответствует намагниченности порядка $800-1200 \cdot 10^{-6}$ СГСМ [1]. Линейно вытянутые положительные аномалии здесь обусловлены породами офиолитовой формации, интрузиями ультраосновного состава с намагниченностью $1100 \cdot 10^{-6}$ СГСМ.

Третья зона ΔT_a характеризуется резко дифференцированным, в основном отрицательным, магнитным полем. Здесь наблюдаются также локальные аномалии северо-восточного простирания. Пространственно эта зона соответствует неоген-четвертичным эффузивным образованиям, представленным прямо и обратно намагниченными породами - андезитами, андезито-базальтами.

Указанные три зоны магнитного поля ΔT_a в региональном поле входят в состав выделенной П.Г.Акопяном [2] Северной зоны (Кохб-Мосесской и Шамлуг-Ижевванской на севере и Горис-Кафанской на юге подзоны) аномального магнитного поля, которая характеризуется как положительными, так и отрицательными аномалиями с различной интенсивностью и площадью распространения.

Наибольший интерес представляет четвертая зона ΔT_a , которая отличается от всех остальных зон интенсивными положительными аномалиями до 700 гамм и большим горизонтальным градиентом. Здесь на общем фоне северо-западного простирания магнитных аномалий наблюдаются интенсивные аномалии меридионального и субши-

ротного простираания (см. схему).

Юго-западнее четвертой зоны расположена пятая зона ΔT_a , которая характеризуется спокойным, в основном отрицательным, значением поля. Эта зона обусловлена немагнитными осадочными отложениями верхнего мела, нижнего и среднего эоцена.

Теперь остановимся более подробно на разборе поля ΔT_a четвертой, наиболее интересной в геолого-тектоническом отношении зоны.

Сопоставления карты ΔT_a с геологической картой, данных о магнитных свойствах горных пород [1], расчетов глубин верхних кромок магнитных масс и интенсивности намагничивания свидетельствуют, что магнитное поле этой зоны обусловлено суммарным эффектом влияния пород различных структурных этажей.

Очевидно, общий повышенный магнитный фон в пределах зоны создает эффузивные образования среднего эоцена и мио-плиоцена, представленные андезитами, андезит-дацитами, порфиритами (средне-альпийский структурный ярус [3]) со средней интенсивностью намагниченности в $1450 \cdot 10^{-6} \text{ CGSM}$, которые обнажаются в ядре южно-западного антиклинория. Расчеты глубин верхних кромок магнитных масс показывают, что причиной локальных аномалий изометрической формы, наблюдаемых здесь, являются интрузивные тела, которые либо обнажаются на поверхности, либо залегают на небольшой глубине (0; 0,3; 0,5 км) и характеризуются намагниченностью порядка $800-1400 \cdot 10^{-6} \text{ CGSM}$.

В восточной части зоны выделяются интенсивные положительные аномалии до 700 гамм, причиной которых являются интрузивные тела основного состава, расположенные на глубине порядка одного километра и имеющие намагниченность $1700-2500 \cdot 10^{-6} \text{ CGSM}$.

Простираание аномалий в центральной и северной частях зоны в основном меридиональное, но часто наблюдаются нарушения структуры магнитного поля и ступенчатое смещение отдельных частей аномалий относительно друг друга в широтном направлении. В южной части значительное количество аномалий ориентировано в широтном и северо-западном направлениях.

Необходимо отметить, что четвертая зона аномального магнитного поля отделяется на северо-востоке от третьей и на юго-западе от пятой зоны полосой больших горизонтальных градиентов (см. схему). При этом на востоке и юго-востоке зона больших градиентов совпадает с Хуступ-Гиратахским глубинным разломом, а на запа-

де и юго-западе — Дебаклинским глубинным разломом.

Судя по характеру поля ΔT_{α} , Хуступ-Гиратахский глубинный разлом в пределах планшета прослеживается на северо-западе от села В.Гиратах через населенные пункты: Лернашен, Дарабас, Сисиан, Кизилджук, восточнее села Базарчай, кур.Джермук, село Гюллидуз, гору Тузулджа. Таким образом, получено геофизическое подтверждение (с небольшими отклонениями) для юго-восточной половины Анкаван-Сюникского глубинного раскола, выделенного А.А. Габриеляном и др. [4].

Северо-западное продолжение известного в южном Зангезуре Дебаклинского разлома прослеживается в пределах планшета по границе четвертой и пятой магнитных зон, проходя вдоль западного склона Зангезурского хребта (до широты села Артаван) по несколько ломаной линии Кечали-Кочаны-Зырнел (Нахичеванская АССР) — Артаван-Чайкенд-Дайлаклу-Орбатех и далее к северо-западу. Судя по характеру изолиний ΔT_{α} эта зона разлома на севере в районе Личк-Ланджахпюр смыкается с Анкаван-Сюникским глубинным разломом.

Кроме указанных в южном Зангезуре глубинных разломов, наблюдается еще один, глубинного характера разлом по линии: Давидбек, Дастакерт, Аравус, Бичанак, г.Агбабан, Кочбек, Карырашен. Далее к северо-западу этот разлом (назовем его Кочбекским) в районе сел Гюллидуз и Кавшуг смыкается с Хуступ-Гиратахским глубинным разломом. Описанные выше разломы отражаются также на карте гравиметрических аномалий, составленной Ш.С.Оганесяном.

В целом область, расположенная между указанными глубинными разломами северо-западного простирания, в результате разломов близширотного и субмеридионального простирания, разбита на отдельные, разновеликие блоки. Эпицентральной зона Зангезурского землетрясения 1968 г. выделяется как самостоятельный блок от горы Нагапет на севере до горы Капутджух на юге, ограниченной со всех сторон глубинными разломами, выражающимися на магнитной карте зонами градиентов ΔT_{α} . По данным аэромагнитной съемки в северо-восточной части планшета наблюдаются две параллельные зоны нарушения общекавказского направления по линии Човдар-Шальва-Лачия (Шуша) — Софлу (Замзур). Они, по-видимому, являются отражением зоны глубинного Севан-Акеринского раскола на участке ис- следования. На схеме показано западное из этих нарушений.

Установлено, что локальные минимумы ΔT_{α} во внутренних

частях зоны и нарушения корреляции осей магнитных аномалий соответствуют тектоническим нарушениям второго порядка или зонам оперения основных глубинных разломов. Локальные минимумы ΔT_a соответствуют областям дробления горных пород, в которых наблюдается уменьшение остаточной намагниченности и, следовательно, понижение напряженности поля ΔT_a [5]. Нарушения корреляции осей магнитных аномалий отражают тектонические нарушения, по которым происходили сдвиги горных пород, в данном случае, интрузивных тел. Таким образом, для Зангезурского района, по крайней мере севернее широты поселка Каджаран, характерна глыбовая тектоника — блоковая структура, наличие пересекающихся зон разломов различного направления, ограничивающих отдельные блоки, а также интенсивный магматизм на протяжении герцинского и альпийского циклов складчатости.

Концентрация эпицентров землетрясений в пределах данной области (четвертая зона) свидетельствует, что наибольшую тектоническую активность земная кора испытывает именно на этом участке. Тектонические подвижки, вероятно, происходили здесь дифференцированно. Отдельные вертикальные перемещения блоков равнонаправлены относительно друг друга.

Так, например, расчеты глубин верхних кромок магнитных масс показывают, что 7-й (глубина h порядка 1 км) и 5-й ($h = 1,6$ км) блоки опущены относительно 4-го ($h = 0,6$ км), 6-го ($h = 0,8$ км) и 8-го ($h = 0; 0,2$ км). Эти данные соответствуют геологическим результатам, полученным П.Г.Алюновым [6].

На схеме тектонической интерпретации магнитного поля нанесены эпицентры как слабых землетрясений, определенных по данным сети сейсмических станций [7], так и умеренной силы и сильных, полученных С.А.Пирузяном в результате анализа макросейсмического материала за много столетий. Если точность определения первых не превышает $\pm 15-25$ км, то для вторых обеспечена точность порядка $\pm 5-6$ км[±]. Первое, что бросается в глаза, это концентрация значительного большинства землетрясений в пределах Центрально-Зангезурского блока (четвертая зона ΔT_a). Это говорит в пользу известной закономерности о том, что очаги землетрясений связаны с глубинными разломами и их оперениями.

*) Мнение одного из авторов С.А.Пирузяна о большей точности определения эпицентров землетрясений до недавнего прошлого по макросейсмическим данным не разделяется рецензентом и редакторами.

Наличие достаточно точных и представительных во времени эпицентров сильных и разрушительных землетрясений дает возможность судить о геолого-тектонических критериях мест их локализации. На карте показаны эпицентры землетрясений трех градаций по интенсивности: 8 и 7-8-балльные (пять землетрясений), 7 и 6-7 - балльные (шесть землетрясений), 6 и 5-6-балльные (восемь землетрясений).

Очаги землетрясений первой группы интенсивности расположены на крайних северо-западном и юго-восточном участках Зангезурского блока, в пределах четвертой магнитной зоны. На северо-западе в районе Вайоцдзора находятся два из них, землетрясение 735 г., разрушившее г. Моз и др. населенные пункты, и землетрясение 906 г., в 30 км к юго-западу от первого, разрушившее монастырь Хотакерац (Каракоп), селение Артамуш и др. населенные пункты.

Здесь, в районе Вайоцдзор (см. схему), наблюдается одна из зон относительно регионального поперечного нарушения, пересекающая Зангезурский блок в северо-восточном направлении по линии Хачик-Ежегнадзор-Гиллидуз - г.Варденис. Эпицентр землетрясения 735 г. тяготеет к узлу пересечения названного поперечного нарушения с Дебаклинским глубинным разломом общекавказского направления, ограничивающим Зангезурский блок с юго-запада. Очаг землетрясения 906 г., находящийся в зоне того же поперечного нарушения, по-видимому, связан с его пересечением в районе села Хачик с Ереванским глубинным разломом.

Остальные три землетрясения 7-8-балльной интенсивности (Татевское 1308 г. и Зангезурские 1931 и 1968 гг.) довольно кучно расположены в пределах Юго-восточной окраины Зангезурского блока, на том же участке, где Дебаклинский, Кочбекский и Гиратахский разломы, проходящие здесь на расстоянии 5-10 км друг от друга, пересекаются близширотными разломами по линии г.Наапет (г.Капутджух) - г.Арамазд (с.Гиратах) - Татев (Тандзавер). К этой же зоне пересечения приурочены 6-7 и 5-6-балльные землетрясения в южной части района.

Данные Д.Н.Рустановича о миграции Афтершоков Зангезурского землетрясения 1968 г. в широтном направлении (см. наст. сборник) говорят в пользу наличия вышеуказанного тектонического нарушения. Имеются также косвенные геологические данные о продолжении этой субширотной зоны разрывных нарушений на терри-

тории Нахичеванской АССР и Лечинского р-на Азербайджанской ССР [8].

Происшедшее у пос. Сисиан 6-7-балльное землетрясение тяготеет к узлу пересечения Хуступ-Гиратахского разлома с другим субширотным нарушением, происходящим здесь по линии Салвард-Брнакот-Вагуди. С этим же нарушением связаны 5-6-балльные землетрясения у г.Горис.

Далее, на продолжении этой же зоны нарушения, у пос.Лачин и г.Шуша имеются 5-6 и 6-7-балльные очаги. Они локализируются, по-видимому, в местах пересечений описываемого нарушения у этих пунктов с мощной зоной глубинного Севан-Акеримского разлома. Таким образом, в Зангезуре подтверждается полученный для юго-западной части Арм.ССР один из важнейших тектонических критериев сейсмоактивности, заключающийся в том, что очаги сильных и разрушительных землетрясений локализируются в узлах пересечения глубинных и региональных разломов общекавказского и поперечного направлений [9].

Таким образом, на основании проведенной геологической интерпретации магнитного поля в пределах области Зангезурского землетрясения 1968 г. выделяются три крупных блока земной коры (третья, четвертая и пятая магнитные зоны). Наиболее интенсивный в смысле сейсмоактивности центральный блок (четвертая зона ΔT_{α}) ограничен со всех сторон зонами глубинных разломов и, в свою очередь, разбит вновь выявленными Кочбекским региональным разломом общекавказского направления и поперечными тектоническими нарушениями на отдельные мелкие блоки. Два из антикавказских нарушений имеют региональный характер.

По-видимому, центральный блок представляет собой погребенную горст-антиклинальную структуру, испытавшую тектонические подвижки до современной эпохи. Об этом свидетельствует наличие эпицентров землетрясений в данном районе, которые, как правило, приурочены к зонам (узлам) сочленения глубинных разломов различного направления.

В заключение необходимо также отметить, что аэромагнитными исследованиями Р.А.Русакова, Г.А.Сироткина и др., проведенными в юго-восточной Армении в 1969 г., установлено, что предположение геологов А.И.Адамяна, Т.Ш.Татевосяна и др. о том, что Лернашен-Дарабасский интрузивный массив на глубине соединен с Мегринским плутоном, не подтверждается. Магнитное поле

этих интрузий разьединено полосой пониженных значений ΔT_a . Наоборот, по данным магнитной съемки, Гехинская и Казанчинская интрузии на глубине соединяются с Мегринским плутоном.

Л и т е р а т у р а

1. Акопян Ц.Г. Магнитное поле и палеомагнетизм кайнозойских эффузивных пород Арм. ССР. Ереван, изд. АН Арм.ССР, 1963.
2. Акопян Ц.Г. Магнитные свойства горных пород Арм.ССР и их использование в целях интерпретации магнитных аномалий и корреляции вулканогенных образований (докторская диссертация), 1967.
3. Габриелян А.А. Новейшая тектоника и сейсмичность Арм. ССР и смежных частей Антикавказа. "Изв.АН Арм.ССР, серия Науки о Земле", т. XVI, № 4-5, 1963.
4. Габриелян А.А., Адамян А.И. и др. Тектоническая карта Арм. ССР, Ереван, изд. "Митк", 1968.
5. Петрова Г.Н., Юхновец Ю.И. Изменение магнитных свойств горных пород в зоне разлома. "Изв. АН СССР, серия геофизич.", №2, 1963.
6. Алоян П.Г. Геотектонические условия и механизм возникновения зангезурских землетрясений 1968 г. "Изв. АН Арм.ССР, серия Науки о Земле", 6, 1970.
7. Саваренский Е.Ф. (ред.). Атлас землетрясений СССР. М., изд. АН СССР, 1967.
8. Назаров А.Г., Пирузян С.А., Шахсуварян Л.В. Зангезурские землетрясения 1968 г. ДАН Арм.ССР, т. XLIX, № 2, 1969.
9. Пирузян С.А. Новые данные по сейсмотектонике Большого Ереванского района. ДАН Арм.ССР, т. XVI, № 4, 1965.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ,
ПРОВЕДЕННЫХ В ОЧАГОВОЙ ЗОНЕ ЗАНГЕЗУРСКОГО
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1968 г.

Известно, что аномалии геомагнитного поля тесно связаны с геологическим строением земной коры и главнейшие тектонические особенности коры хорошо отражаются на геомагнитном поле. Следовательно, можно полагать, что распределение напряжения геомагнитного поля в сейсмически активных районах обладает характерными особенностями, связанными с локальными изменениями геологического строения данного района и с проявлениями сейсмоактивности [5]. В последнее время в ряде работ зарубежных [7, 8, 9] и советских [5, 6] авторов высказываются мнения о реальности существования связи между сейсмической и магнитной активностью. Естественно, что к сейсмомагнитному эффекту в основном имеет отношение магнитное поле земной коры. Поле, созданное намагниченностью горных пород, зависит от их магнитных свойств, и накопление или разрядка механических напряжений в земной коре приводит к изменению магнитных параметров горных пород, содержащих ферромагнитные минералы. Лабораторными исследованиями установлено, что образцы горных пород, обладающие магнитной восприимчивостью χ_0 и остаточной намагниченностью $J_{z,0}$ под давлением ΔP изменяют магнитные свойства на величину:

$$\Delta J_z = \beta J_{z,0} \Delta P, \quad \Delta \chi = \alpha \chi_0 \Delta P,$$

где α и β являются магнитоупругими коэффициентами [3].

Следовательно, появляется принципиальная возможность наблюдать изменение геомагнитного поля на поверхности земли, обусловленное изменением магнитных характеристик горных пород во времени. Такие резко локальные изменения магнитного поля или так называемые "аномалии векового хода" можно обнаружить в сейсмоактивных районах и они в основном приурочены к разломам.

С целью изучения сейсмомагнитного эффекта нами были проведены магнитометрические работы в очаговой зоне Зангезурского землетрясения 1968 г. В геологическом отношении в районе Зангезурского землетрясения обнажаются известняки верхнего карбона и пер-

ми, вулканогенно-осадочные отложения нижнего эоцена, порфири-видные гранодиориты, плагиограниты, монзониты, габбро-диориты верхнего эоцена-олигоцена [4] .

Пространственно эпицентр землетрясения 1968 г. расположен в юго-восточном углу Гехинского тектонического треугольника, в зоне Гярдского тектонического нарушения субмеридионального простирания [2] . На этом участке обнажаются интрузивные породы, представленные разностями ряда диорит-плагиогранит.

Учитывая особенности геологического строения и сейсмичности Зангезура, в июле 1968 г. нами в очаговой зоне землетрясения были выбраны и закреплены на местности семь опорных пунктов (гор.Кафан, гор.Каджаран, с.Гярд, пос.Зейва, с.Чайкенд, пер.Дебаклу, ферма Аджибаджи), на которых проводились измерения вертикальной и горизонтальной составляющих магнитного поля Земли до и после сильных толчков. Одновременно были отобраны ориентированные образцы горных пород для изучения их намагниченности в лабораторных условиях. В районе эпицентра (у с.Гярд) и в гор. Горисе в 1968 году были установлены полевые магнито-вариационные станции (СМВ-2М) для регистрации суточного хода геомагнитного поля Земли. Была проведена также магнитная съемка по двум маршрутам, пересекающим эпицентр землетрясения: с. Гярд - эпицентр - с.Кейфашен и зимовка - эпицентр - с.Кейфашен (рис. I).

На магнитограммах магнито-вариационных станций, регистрирующих Z и H - составляющие магнитного поля Земли, большинство сильных толчков и их афтершоки, как правило, сопровождались локальными возмущениями [I] . Конечно, эти возмущения нельзя однозначно приписывать к сейсмомагнитному эффекту из-за больших влияний атмосферных токов. Несомненно, что перед повторным толчком всегда наблюдается некоторый спад магнитного поля который после толчка постепенно восстанавливается, особенно наглядно это отмечается по составляющей Z . На графике Z_{α} эпицентр землетрясения, который пространственно приурочен к Гярдскому нарушению (точки II-I7, рис. I), характеризуется относительным минимумом ($Z_{\alpha} = -700 \gamma$), а к западу и востоку от эпицентра наблюдаются относительные повышения значения поля Z_{α} . В 1969 - 1970 гг. проводились повторные измерения элементов магнитного поля на вышеописанных опор-

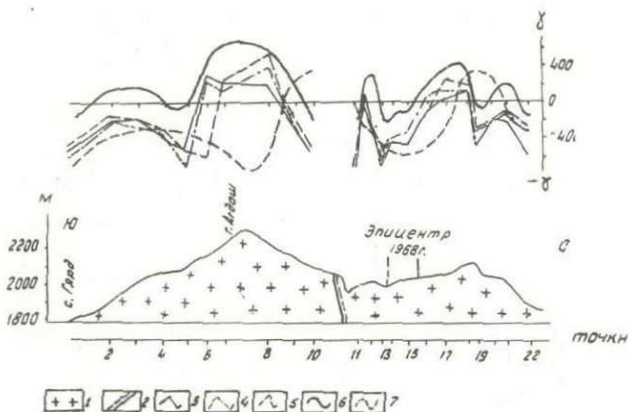


Рис. 1. - Магнитный и геологический профили через эпицентр землетрясения

1 - интрузивные породы - кварцевые диориты и плагиограниты; 2 - разломы; 3 - график Z_a (пр.М-2); 4 - график Z_a (пр. "Фанзелау"); 5 - график Z_a (пр.М-23); 6 - кривая ΔZ ; 7 - кривая ΔH .

ных пунктах и профилях, а также выполнялись магнитометрические и геологические работы по маршрутам: с.Геги - г.Армазд - гор. Горис. (рис. 2); гор.Каджаран - г.р.Кафан; с.Аджибаджи-пос. Зейва (рис. 3) *). В таблице приводятся результаты лабораторных исследований намагниченности ориентированных образцов горных пород, отобранных с опорных пунктов векового хода, и значения ΔZ магнитного поля, выполненные в 1968-1970 гг. в районе Зангезурского землетрясения 1968 г. (таблица, рис. 1, 2, 3). Точность магнитной съемки соответствует цене деления магнитометров.

Как видно из данных таблицы, поле ΔZ на пунктах векового хода перед сильным толчком (I/IX 1968 г.) и после него претерпевает существенные изменения. При этом во всех пунктах векового хода, расположенных в области развития интрузивных пород (68, 69, 72, 73), после некоторого спада наблюдается постепенное нарастание интенсивности поля ΔZ , в то время как *). Геологические разрезы (рис.2,3) составлены А.О.Мангояном.

Результаты лабораторного изучения намагниченности горных пород

№ № пунк- тов	Название места	Значение в гаммах			№ обр.	Название породы	Намагниченность				
		1968 (июль)	1968 (ав- густ)	1969 (июль)			$\gamma \cdot 10^{-6}$	$\chi \cdot 10^6$	Q	α°	β°
68.	Каджаран	-172	-	-142	5а	Монцонит	650	4700	0,34	324	22
69.	Чайкенд	-1460	-1470	-1542	9	Известняк	-	-	-	-	-
70.	Гярд	-925	-1072	-847	7б	Габбродиорит	9080	2300	9,8	287	29
71.	Зейва	-293	-265	-395	1	Порфирит	153	955	0,4	13	-29
72.	Дебаклу	+319	+343	+408	17	Гранодиорит	2452	3400	1,8	-	-
73.	Аджибаджи	-461	-625	-408	31б	Порфирит	3600	1290	7	36	35
74.	Кафан	-1062	-972	-1031	2	Порфирит	200	468	1,1	80	-62

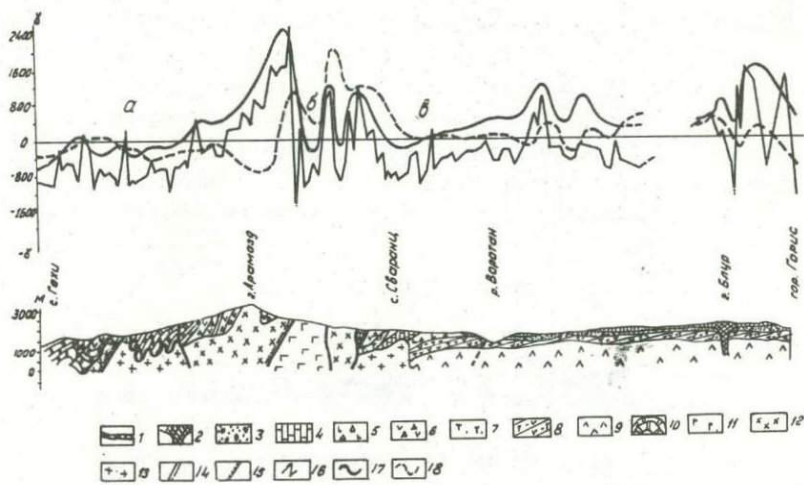


Рис. 2. Магнитный и геологический профили через с.Гехи - гор. Гори

1 - лавовые потоки и покровы (постплиоцен); 2 - центры вулканических извержений; 3 - туфобрекчий, туфы, андезиты (Горисская свита плиоцен); 4 - известняки и песчаники (мел); 5 - туфопесчаники, туфобрекчий (Сваранцкая свита, мел); 6 - порфириды измененные и их обломочные разности (мел); 7 - туфопесчаники, туфоконгломераты (мел); 8 - порфириды, туфобрекчий, туфопесчаники (верхняя кра); 9 - порфириды и их обломочные разности (ср. кра); 10 - известняки, доломиты, глинистокарбонатные рассланцованные метаморфизированные породы (палеозой); 11 - габбро, габбродиориты; 12 - гранодиориты и кварцевые мондониты; 14 - разломы; 15 - граница трансгрессивного залегания; 16 - график Z_{Δ} ; 17 - кривая ΔZ ; 18 - кривая ΔH .

в пунктах, расположенных в зоне развития вулканогенно-осадочных пород (71, 74), после толчка наблюдается убывание интенсивности магнитного поля. Такое закономерное изменение магнитного поля, наблюдаемое перед и после афтершоков, по всей вероятности, объясняется характером намагниченности интрузивных и вулканоген-

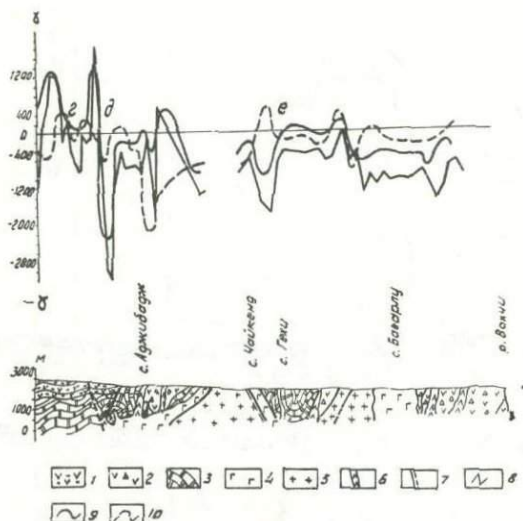


Рис. 3. Магнитный и геологический профили вдоль р.Гехи (с.Аджибаджи - пос. Зейва)

1 - порфириты и их обломочные разности (эоцен); 2 - порфириты измененные (мел, верхняя юра); 3 - известняки, доломиты, глинисто-карбонатные рассланцованные метаморфизированные породы (палеозой); 4 - габбродиориты; 5 - граниты, гранодиориты, кварцевые диориты; 6 - дайки габбродиоритов и диорит порфиров; 7 - разломы; 8 - график Z_{α} ; 9 - кривая ΔZ ; 10 - кривая ΔH .

но-осадочных пород. В первом случае нарастание поля ΔZ обусловлено обратимыми изменениями намагниченности интрузивных пород, а во втором - происходит невозвратное уменьшение намагниченности, вследствие чего магнитное поле продолжает сохранять тенденцию к уменьшению.

Следует подчеркнуть, что общий пониженный фон магнитного поля в районе эпицентра землетрясения, наблюдаемый как наземной, так и аэромагнитной съемками, пространственно совпадает с Гярдской интрузией и отражает внутреннее (глубинное) строение этого массива и его структурные особенности.

Характер изменения магнитного поля как в районе эпицент-

ра землетрясения, так и по региональным профилям Гехи-Горис, Аджиджи-Зейва, Каджаран-Кафан позволяет наметить определенную связь между составляющими магнитного поля, разрывными нарушениями и контактными зонами. Эта связь выражается в том, что кривые ΔZ и ΔH претерпевают резкие изменения, причем максимуму ΔH соответствует резкий перепад значения ΔZ от интенсивно положительных значений к интенсивно отрицательным.

Л и т е р а т у р а

1. Акопян Ц.Г., Ахвердян Л.А. Наблюдения сейсмомагнитного эффекта в эпицентре Зангезурского землетрясения 1968 г. Материалы УШ конференции по постоянному полю и палеомагнетизму. Киев, 1970.
2. Алóян П.Г. Геотектонические особенности эпицентрального района зангезурских землетрясений 1968 г. ДАН Арм.ССР, Ереван, 1969.
3. Барсуков О.М., Безуглая Л.С., Сковородкин Ю.П. О природе одной из аномалий векового хода магнитного поля Земли. ИФЗ АН СССР, М., 1968.
4. Мкртчян С.С. Зангезурская рудоносная область Арм.ССР. Ереван, изд. АН Арм.ССР, 1958.
5. Оль А.И. Вековой ход геомагнитного поля и сейсмичность Земли. "Природа", № 12, 1946.
6. Петрова Г.Н. Связь сейсмических процессов с магнитным полем Земли. "Земля и вселенная", № 6, 1967.
7. Breiner Sh. Trans. Amer. Geophys. Union, No 1, Nature, No 4934, 1964.
8. Kato T. Seismic and Volcanic activity third and changes in the Earth's magnetic field. Japanese Journ. Astron. Geophys. 1, 1934, 237, 1935.
9. Stacey F.D. Nature, 200, No 4911, 1963.

НАБЛЮДЕНИЕ СЕЙСМОМАГНИТНОГО ЭФФЕКТА У ОЧАГА
 ЗАНГЕЗУРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 9 ИЮНЯ 1968 г.

Впервые мысль о возможности связи локальных изменений геомагнитного поля с землетрясениями была высказана по крайней мере, более 200 лет назад (1755 г.), еще в те времена, когда наблюдения земного магнетизма ограничивались изменениями склонения и наклонения.

Несмотря на столь большой срок, до настоящего времени еще нет уверенных однозначных корреляций "геомагнитное поле - землетрясение", получивших название сейсмомагнитного эффекта, хотя физическое обоснование такой связи подтверждается многочисленными лабораторными экспериментами на образцах магнитных материалов.

Результаты этих исследований, в частности, показывают, что образцы горных пород, обладающие магнитной восприимчивостью χ_0 или остаточной намагниченностью $J_{r,0}$, под давлением ΔP изменяют свои магнитные свойства на величину $\Delta \chi \approx \alpha \chi_0 \Delta P$ (или $\Delta J_r = \beta J_{r,0} \Delta P$), пропорциональную давлению. При одноосном сжатии (растяжении) коэффициенты α и β имеют порядок $\alpha \approx \beta \approx 1-4 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{кг} [1]$.

Таким образом, существует принципиальная возможность наблюдать изменения геомагнитного поля на поверхности земли под влиянием тех или иных тектонических процессов на глубине, за счет изменения во времени магнитных характеристик горных пород. Однако задача, сводящаяся к оценке сейсмомагнитного эффекта, имеет существенный недостаток в исходных данных. Во-первых, значения коэффициентов α и β , определяемые в лаборатории, существенно зависят от многих природных условий (в том числе и температурных), моделировать которые можно лишь с некоторым приближением.

Во-вторых, вопрос о распределении напряжений во времени и пространстве в очаговой зоне остается до настоящего времени открытым и возможно в будущем будет решаться только в каждом конкретном случае. Кроме того, наблюдаемое магнитное поле H , кроме компонент, независимых от времени H_0 , содержит также переменные составляющие $\delta H_i(t)$, величина которых определя-

ется ионосферными причинами и локальными неоднородностями магнитных и электрических параметров среды в точках наблюдения:

$$H = H_0 + \sum \delta H_i(t)$$

Величина ΔM ожидаемого сейсмамагнитного эффекта в общем виде (в точке наблюдения):

$$\Delta M = K \left[\int_V \Delta \chi_z dV + \int_V \Delta \chi H dV \right]$$

Здесь $\Delta \chi$ и $\Delta \chi_z$ — изменения восприимчивости и компоненты намагниченности в элементе объема dV за счет изменения давления, H — соответствующая компонента поля, ΔM — изменения компонент поля — сейсмамагнитный эффект, K — геометрический коэффициент, постоянный для данной точки наблюдения. Непосредственное наблюдение ΔM , очевидно, невозможно, так как сумма $\sum \delta H_i(t)$ содержит вариации магнитного поля во времени, обусловленные как внутренними, так и внешними причинами.

Обычно для выделения ΔM дополнительно ведутся наблюдения в точках, где сейсмамагнитный эффект заведомо отсутствует. При условии, что вариации, вызванные внешними причинами, в двух точках равны по величине, разность синхронно наблюдаемых значений поля определяет эффект, вызванный изменением $\Delta \chi$ и $\Delta \chi_z$. Однако это условие в действительности выполняется только приближенно, так как величина магнитных вариаций поля во времени зависит от геоэлектрического разреза и магнитных характеристик в пункте наблюдения. Многолетний опыт наблюдений показывает, что особенно сильное влияние на величину вариаций оказывают поверхностные неоднородности. В частности, в вертикальной составляющей при синхронных измерениях на расстоянии порядка десятков километров различие может достигать единиц, а в отдельных случаях даже десятков гамм [2, 3]. Такое явление обязано обтеканию теллурическими токами неоднородностей в верхних слоях земной коры. Нарушение неоднородности геомагнитного разреза может достигать величин порядка сотых, реже десятых долей гамм. Разность возрастает пропорционально разности значений магнитной восприимчивости и величине вариации:

$$\Delta H_i \sim (\chi_2 - \chi_1) \delta H_i$$

Практически выделение такого рода эффектов осложняется тензорным характером электропроводности и магнитной восприимчивости в поле вариаций, меняющихся по амплитуде, склонению и наклону.

Не останавливаясь более подробно на всех возможных принципиальных и технических трудностях, разработки метода обнаружения сейсмамагнитного эффекта, можно утверждать, что решение проблемы немислимо без комплексных исследований в направлении геомагнетизма, геологии, сейсмологии, электрометрии, тектонофизики, деформации, термических режимов, геохимии и др.

Эти методы помогут решить следующие принципиально необходимые вопросы:

1. Какова природа и величина меняющихся во времени градиентов магнитного поля?

2. Каков механизм землетрясений (распределение напряжений в очаговой зоне)?

3. Каковы оценки зависимости χ и J_z от избыточных напряжений, температур, начальных давлений для тех или иных типов горных пород?

Следует отметить, что к пьезомагнитному эффекту не относятся:

1. Изменение поля, которое является причиной термических процессов;

2. Изменение поля, которое является причиной механического воздействия;

3. Следствие вековых вариаций;

4. Электропроводимость.

Крайне необходимо выяснить следующие неразрешенные вопросы:

а) какова природа геомагнитной помехи, которая затрудняет выявление таких локальных изменений поля;

б) какова временная форма и пространственное распределение напряжений, связанных с землетрясением и деформацией коры.

Для оценки магнитного эффекта над очагом будущего землетрясения, кроме вышеуказанных зависимостей и выяснения их природы, потребуется, очевидно, представление о распределении магнитных параметров и упругих напряжений в области гипоцентра. Задача эта весьма сложная и решения пока не имеет.

Связь между изменениями геомагнитного поля и сейсмическими явлениями в литературе была опубликована не раз. Сообщения об

изменениях в геомагнитном поле во время землетрясения имели место в 1755, 1799, 1822, 1842, 1844, 1846, 1851, 1861, 1890 годах.

Особенно много сообщений относится к известному Лигурийско-му землетрясению 1887 г., когда ряд магнитных станций во Франции, Италии, а также у нас в Павловске и Казани отметили сильное магнитное возмущение (Орлов, 1887).

Естественно предположить, что причиной этих возмущений является подвешенный магнит в вариометре, который ведет себя как сейсмограф.

Механическая стабильность вариометров с подвешенным магнитом всегда была под вопросом и их данные находились под сомнением, но, по крайней мере, имелось 4 сообщения (Като, 1950, 1953; Breiner, Rikitaky, 1966), которые четко указывали на локальное изменение в геомагнитном поле. Эти сообщения указывают на то, что время, которое охватывает магнитные явления, значительно длиннее тех нескольких секунд, в течение которых происходит землетрясение.

Только в сравнительно недавнее время было сделано допущение, что между изменениями геомагнитного поля на поверхности Земли и геотектоническими процессами, приводящими, в частности, к землетрясениям, существует определенная связь.

Установлено, что горные породы земной коры перед, при и после землетрясения испытывают значительные колебания внутренних напряжений, что может привести к изменению их магнитных свойств. Это объясняется существованием сейсмомагнитного эффекта, который можно обнаружить чувствительной аппаратурой.

Известно, что изменение магнитного состояния горных пород, как правило, приводит к изменению магнитного поля Земли в точке наблюдения.

По инициативе и непосредственном участии директора ИГМС академика А.Г.Назарова группа по обсерваторным наблюдениям с 22 июня 1968 г. начала проводить научно-исследовательские работы в эпицентральной зоне по изучению геомагнитного поля Земли.

Для производства наблюдений применяли МТЛ-62 (магнитотеллурическая лаборатория) и полевые МВС-2М (магнитовариационные станции). На магнитотеллурической станции использовались магнитометры системы Брюнелли с чувствительностью 0,2 γ .

Для более наглядного выделения сейсмомагнитного эффекта

чувствительность МВС была специально загрублена и равнялась $12,75 \gamma / \text{мм}$, а предел чувствительности МВС состоял от $2 \gamma / \text{мм}$ до $20 \gamma / \text{мм}$. Одна станция МВС была установлена в эпицентральной зоне (с. Гярд), а другая - в Горисе (по прямой 40 км друг от друга).

Задача осложнялась тем, что в наличии имелась только одна МТЛ-62. Запись на станции МТЛ-62 велась на скорости $1,6 \text{ мм/мин.}$, а на МВС - 20 мм/час .

По предложению А.Г.Назарова для более надежной увязки толчков при землетрясениях с электромагнитными явлениями к одному из каналов осциллографа МТЛ-62 был подключен сейсмограф ВЭГИК, регистрирующий толчки более двух баллов.

Одновременно специальная сейсмологическая экспедиция ИФЗ АН СССР провела наблюдения в районе эпицентра (руководил работами Д.Н.Рустанович). Согласно его данным, глубина очага была установлена при толчке 9 июня - 8-10 км, а при втором толчке 1 сентября - 2-4 км.

Полевая лаборатория располагалась в с.Гярд в точке, где магнитные и гравитационные аномалии пересекают Гярдскую интрузию.

В 1961 г. Западный геофизический трест провел аэромагнитную съемку. По данным этой съемки район отмечается положительными и отрицательными значениями магнитного поля ΔT_a . В 1967 г. инженером-геофизиком А.Халатяном была проведена магнитная съемка, которая показала, что в эпицентральной зоне магнитное поле колеблется от -50γ до $+1800 \gamma$. В 1968 году им же была проведена повторная съемка и исследования показали, что на Гярдской интрузии к северу от с. Гярд, где поле изменялось от $+800 \gamma$ до $+1100 \gamma$, значения приняли отрицательный знак (-100γ) и постепенно в сторону Ю-ЮЗ увеличиваются и доходят до -2000γ (мон-цонитовая интрузия).

При анализе всех имеющихся записей электромагнитного поля Земли в районе очага, а также сейсмологических данных, выясняется, что перед землетрясением наблюдается нарастание уровня горизонтальных составляющих магнитного поля (H_x, H_y), а после землетрясения через некоторое время наблюдается восстановление невозмущенного уровня. При этом по разным составляющим (H_x, H_y) изменение поля происходит по-разному. Изменение

амплитуды составляющей H_y начинается за несколько часов до начала землетрясения, однако возрастание напряженности поля не превышает 10-12 γ . Изменение составляющей поля также начинается за несколько часов до землетрясения, но в отличие от H_y достигает значений 30-60 γ (в зависимости от силы землетрясения). Интересно то, что до и после толчков длиннопериодные вариации всегда осложнены более высокочастотными колебаниями неправильной формы, амплитуда которых составляет 2-3 γ .

Все медленные вариации магнитного поля, предшествующие сильным толчкам, включая длиннопериодные, не сопровождаются усилением интенсивности теллурических токов. При ионосферных возмущениях типа "цугов" или типа "устойчивых" колебаний, как правило, наблюдается корреляция между составляющими H_x и H_y . Этот факт является аргументом внеионосферного происхождения этих вариаций. По всей вероятности, эти изменения связаны с земной корой и обусловлены механизмом возникновения землетрясения. Вариации неправильной формы во время землетрясения имеют тенденцию к усилению амплитуды за 10-12 часов, а более слабым землетрясениям предшествуют непродолжительные изменения вариаций за 10-15 минут до толчка.

Вследствие отсутствия электрических составляющих, МТЗ невозможно было выполнить, поэтому нас интересовало поведение магнитного поля в те дни, когда происходило землетрясение. С этой целью мы разбили суточный интервал на 8 промежутков по 3 часа каждый и со всех лент выписали периоды вариаций, характерные для каждого из этих промежутков времени. Далее проводилось сравнение вариаций по периодам в дни, когда происходило землетрясение, и в дни, "спокойные" в этом отношении. Были замечены следующие особенности.

1. П р о м е ж у т о к в р е м е н и с 0 ч. до 3 ч. Отличие выражалось в том, что в те дни, когда происходили толчки, обнаруживалось появление вариаций с периодами от 10 до 12 мин. (см. ленты за 22.УШ; 1. IX; 9. IX; 27. IX). Вариации с такими же периодами наблюдались в некоторых случаях и на следующий день после толчка (13. IX; 15. IX; 29. IX). Следует отметить, что 26. УП (в этот день был толчок) наблюдались колебания в виде пиков, которые отличались от обычных колебаний большой амплитудой вариаций. В этот день также наблюдались вариации с периодом 11 мин.

2. П р о м е ж у т о к в р е м е н и с 3 ч. до 6 ч. Здесь

следует отметить, что перед толчками появляются вариации с периодами от 10 до 12 мин. и более (1.IX; 9.IX; 1.X); причем эти вариации осложнены короткопериодными колебаниями с $T = 30$ сек.

3. Промежуток времени с 6 ч. до 9 ч. В этом промежутке особых отличий нет. Лишь после сильного толчка 1 сентября наблюдались вариации с периодами до 16 мин., которые были осложнены короткопериодными колебаниями с $T = 15$ сек.

4. Промежуток времени с 9 ч. до 12 ч. В те дни, когда происходило землетрясение, отмечалось появление вариаций с периодом до 20 сек. и меньше (10.УП; 22.УШ; 9.IX; 1.X; 27.XI). Иногда подобные колебания наблюдались в дни после толчков (11.УП; 3.IX; 10.IX).

5. Промежуток времени с 12 ч. до 15 ч. В этом промежутке времени наблюдались вариации с периодами 6–8 мин. (9.IX; 12.IX; 27.IX) и более 11 мин. (31.УШ) за день до толчка и в день, когда был толчок.

6. Промежуток времени с 15 ч. до 18 ч. Здесь также отмечается наличие длиннопериодных колебаний с периодом 8 мин. (24.УП; 11.IX; 28.IX) в отличие от "спокойных" дней.

7. Промежуток времени с 18 ч. до 21 ч. Отличительной особенностью является то, что в дни, когда были сильные толчки (4–5 баллов), наблюдаются вариации с периодами от 8 до 13 мин. (1.X; 3.X), которые осложнены короткопериодными колебаниями с $T \approx 20$ сек. Длиннопериодные вариации отмечались и после толчков ($T = 22$ мин., лента за 3.IX).

8. Промежуток времени с 21 ч. до 24 ч. Наблюдаются вариации с периодами от 8 до 13 мин., причем отсутствуют колебания с $T = 40$ сек. (2.IX; 2.X; 3.X). Следует отметить, что перед толчком 22 августа было зафиксировано бухтообразное колебание в этом промежутке времени.

Исходя из анализа полученных данных, можно отметить тот факт, что в большинстве случаев сильные толчки (более 4 баллов) сопровождаются возмущениями магнитного поля. В основном перед толчками наблюдаются длиннопериодные вариации с периодом 8 мин., которые модулируются короткопериодными колебаниями с $T = 20$ сек.

Перед слабыми толчками (до 3 баллов) иногда наблюдаются довольно сильные возмущения поля, причем такая картина повторя-

ется и после толчка (25.УП; 17.УШ). В ряде случаев также отмечается модуляция длиннопериодных вариаций короткопериодными (I.X).

Следует отметить и тот факт, когда особых изменений поля не было, хотя в эти дни и были слабые толчки.

Наиболее сильным был толчок I сентября. За 9 часов до толчка отмечалось довольно резкое изменение магнитного поля и длиннопериодные вариации были осложнены короткопериодными. После сильного толчка наблюдалась целая серия мелких толчков, которые отмечены на записях H_x и H_y в виде всплесков, что указывает на то, что магнитометры испытывали довольно чувствительное механическое воздействие.

Во всех случаях довольно четко отмечается, что наиболее "чувствительной" является компонента H_x , возможно это связано с тем, что магнитометр H_x был направлен в сторону эпицентра.

Анализ магнитограмм магнитовариационных станций показал, что все толчки, как правило, сопровождаются сильными изменениями (убыванием) интенсивности магнитного поля. Интересно то, что величина магнитного поля достигала 20-30 гамм, а после толчка - 30-40 гамм. В дальнейшем чувствительность была увеличена до 3 гамм/мм.

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

Случай первый. 18 августа 1968 г. 18 ч. 55 мин. Как видно из графиков (рис. 1), аномального поведения магнитного поля на станциях "Горис" и "Душети" не наблюдалось. Изменение геомагнитного поля на станции "Гярд" являлось на самом деле локальным и резко выраженным (магнитометр станции "Горис" в некоторой степени отреагировал на колебания при землетрясении, см. рис. 1).

Амплитуда изменения доходит до своего максимума через два часа и 20-30 минут до толчка удерживает уровень. После толчка амплитуда увеличивается на 5-7 гамм и через 3-3,5 часа возвращается к своему первоначальному положению.

Случай второй. 1 октября 1968 г. На рис. 2 видно, что изменение поля имеет локальный характер и может быть результатом пьезомагнитного эффекта. Перед толчком и после толчка он имеет один и тот же знак, происходит на локальном участке и уменьшение поля связано с сейсмическими явлениями.

Случай третий. 17 октября 1968 г. Записи магнитограмм показывают изменение уровня амплитуды до 10-12 гамм в интервале

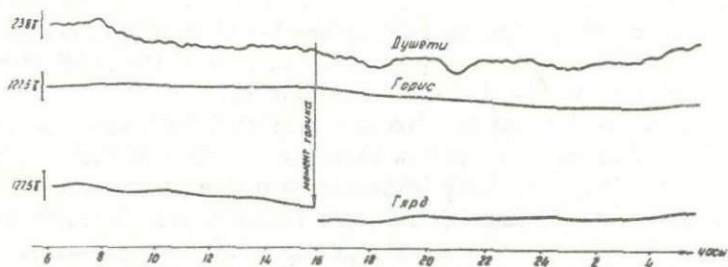


Рис. 1. Кривые N-составляющих геомагнитного поля от 18 августа 1968 г.

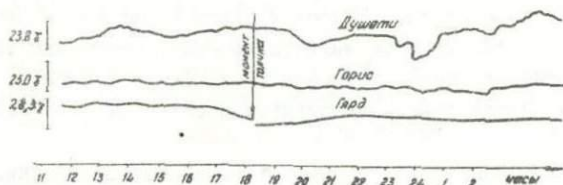


Рис. 2. Кривые N-составляющих геомагнитного поля от 1 октября 1968 г.

2,5 часов до толчка и 13 гамм после толчка в интервале 4 часов (рис. 3).

Случай четвертый. 23 января 1968 г. Пример записей двух магнитограмм ст. Гярд и Горис показан на рис. 4. На магнитограмме ст. Гярд показано локальное геомагнитное явление. Амплитуда изменения — 8-9 гамм до толчка в интервале 2,5 часов и 11-12 гамм после толчка в интервале 4 часов.

Аномальное поведение поля (18.VIII: I.X; 17.X. 1968 г. и 23.I; 7.III.1969 г., 5.IV.1969 г.) позволило нам предположительно рассматривать эту вариацию как "сейсмомагнитный эффект".

Одной из причин геомагнитных вариаций "тектонического эффекта" может являться различная электропроводность по профилю наблюдений. Исходя из этого, нами были проанализированы букте-

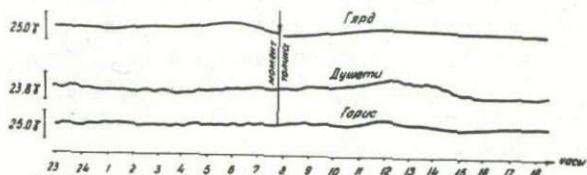


Рис. 3. Кривые N-составляющих от 17 октября 1968 г.

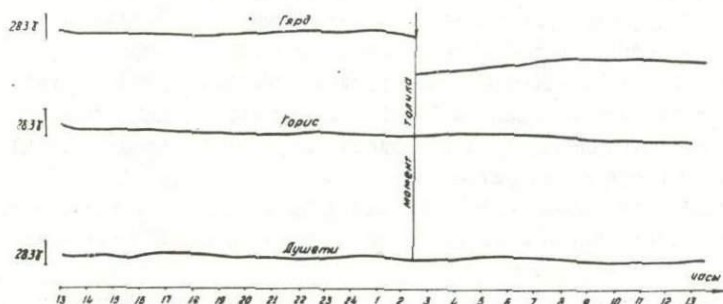


Рис. 4. Кривые N-составляющих от 23 января 1969 г.

образные возмущения на трех станциях: Гярд, Кафан, Горис.

Поскольку геомагнитная бухта вызвана системой электрических токов в ионосфере и ввиду того, что источник находится на расстоянии намного превышающем область наблюдений, то амплитуды и периоды бухт в треугольнике Гярд-Кафан-Горис не должны отличаться друг от друга. В нашем случае бухтообразные возмущения отмечались на всех составляющих ΔX , ΔY , ΔZ , ΔT , но наиболее отчетливо они проявлялись на горизонтальной составляющей магнитного поля. Результаты измерений представлены в табл. I, откуда видно, что значения ΔH в Гярде и Кафане мало отличаются друг от друга, в то время как в Горисе несколько завышены.

На такое поведение бухт в Горисе могли повлиять следующие причины:

1. Аппаратурный эффект. Чтобы учесть ошибки, связанные с аппаратурой, станция ИЗМИРАН-4, работавшая в Горисе, была перезезена в Кафан и поставлена на запись. При сравнении записей, выполненных на двух вариационных станциях в одном пункте, выяснилось, что суммарная ошибка двух приборов составляет в среднем 2,5% (табл. 2), в то время как различия в значениях ΔH в Горисе и Гярде составляют более 10%.

2. Влияние геоэлектрического разреза. Полученное различие может быть связано с влиянием геоэлектрического разреза. По-видимому, геоэлектрический разрез в Гярде и Кафани можно считать одинаковым, а в Горисе он отличается наличием слоя высокого сопротивления.

Исследования показывают, что по данным ВЭЗ ($AB=4000$ м) в Горисе на глубине 800 м под лавовым покровом залегают туфобрекчии с $R_k = 800-1000$ ом (Гулоян, Минасян), а сопоставление данных ВЭЗ в Кафани и Гярде дает примерно одинаковое значение (М. Григорян). Проведение дипольного электрического зондирования в Гярде подтверждает это.

Анализ внезапных начал магнитных бурь (S.S.S) доказывает то, что в Гярде и Кафани в геоэлектрическом разрезе разницы нет.

Предварительные результаты по этой части дают возможность сделать следующие выводы.

1. За несколько часов перед толчком магнитное поле сильно возрастает и ближе к нему эффект возрастания убывает, что вполне увязывается с лабораторными исследованиями.

2. Если сейсмомагнитный эффект существует, то, на наш взгляд он меняется, по всей вероятности, во всех направлениях и с разной силой.

Таблица I

Результаты измерения вариаций

Дата	Название пункта	Время вариации	Ампл. вариации в мм	Ампл. вариации в γ	Δ в %	Период
1	2	3	4	5	6	7
16.08	Гярд	0.30	7,2	14,5	24,2	25 мин.
	Кафан	"	10,1	16,2		
	Горис	"	8,1	18,6		

1	2	3	4	5	6	7
15.08	Гярд	15.00	15,5	30,4		
	Кафан	"	17,6	28,2	13,6	
	Горис	"	15,3	35,2		
19.08	Гярд	20.30	5,7	11,2		55 мин.
	Кафан	"	6,9	11,1	15,8	
	Горис	"	5,8	13,3		
	Гярд	14.10	15,5	30,4		
	Кафан	"	19,8	31,6	12,6	
	Горис	"	15,1	34,8		
28.08	Гярд	21.00	3,0	5,9		50 мин.
	Кафан	"	4,2	5,8	18,0	
	Горис	"	4,0	7,2		
	Гярд	16.10	5,3	10,4		
	Кафан	"	8,0	11,0	26,8	
	Горис	"	7,9	14,2		
23.08	Гярд	23.00	8,0	15,7		1ч.25мин.
	Кафан	"	10,3	16,5	16,5	
	Горис	"	8,2	18,8		
	Гярд	12.50	16,8	32,9		
	Кафан	"	22,2	34,4	7,8	
	Горис	"	15,5	35,7		
7.09	Гярд	01.00	13,5	28,7	8,6	1ч.25 мин.
	Горис	"	16,5	31,4		
6.09	Гярд	12.00	16,5	35,2		
	Горис	"	20,0	38,0	7,4	
11.09	Гярд	0.00	10,0	21,3		45 мин.
	Горис	"	12,5	23,8	10,5	
	Кафан	"	15,5	22,0		
	Гярд	12.50	12,8	27,3		
	Кафан	"	19,0	27,0	1,1	
	Горис	"	14,0	27,0		

1	2	3	4	5	6	7
18.09	Гярд	21,00	18,0	38,4	9,0	I ч.35мин.
	Горис	"	22,0	42,2		
	Гярд	15,30	10,5	22,4	5,5	
	Горис	"	12,5	23,7		
02.10	Гярд	0.00	10,9	23,2	2,2	I ч.20мин.
	Кафан	"	16,0	22,7		
	Гярд	12.30	9,5	20,2	8,4	
	Кафан	"	13,0	18,5		
04.10	Гярд	21.00	10,0	21,5	14,1	I ч. 00мин.
	Кафан	"	15,7	22,3		
	Гярд	13.15	6,0	12,8	3,6	
	Кафан	"	10,5	14,9		
10.10	Гярд	0.00	16,2	34,5	6,5	I ч. 30мин.
	Кафан	"	26,0	36,9		
	Гярд	12.00	5,0	10,6	7,0	
	Кафан	8.00	8,0	11,4		

3. Если существует эффект, то в зависимости от намагниченности слагающих пород не все составляющие геомагнитного поля (H, Z, T) могут зафиксировать эффект одинаковой по силе напряженности.

4. Первоначально толчки давали большой эффект (август 20 γ), а в дальнейшем эффект толчка ослабевал (март 10 γ).

5. Суточный ход станций Гярда и Гориса был сопоставлен с суточным ходом в Душети, они вполне коррелируются. При этом была внесена температурная поправка.

6. Повышенные значения поля в Горисе обусловлены наличием слоя высокого сопротивления, а вышеуказанное "аномальное поведение" поля в Гярде не является следствием электропроводности.

7. "Сейсмомагнитный эффект" не является причиной механического воздействия на измерительный прибор, так как убывание поля происходит за 2-2,5 часа до очередного толчка.

Таблица 2

Результаты проверки аппаратуры

Дата	Место регистрации	Время (час., мин.)	в мм	в	в %
1	2	3	4	5	6
4.10	Кафан /1/	13.10	10,8	15,4	2
	Кафан /2/	"	11,2	15,7	
	Кафан /1/	20.45	15,8	22,4	0
	Кафан /2/	"	16,0	22,4	
13.10	Кафан /1/	22.00	8,5	12,1	1,6
	Кафан /2/	"	8,8	12,3	
14.10	Кафан /1/	13.00	9,5	13,5	4,4
	Кафан /2/	"	9,0	12,9	
	Кафан /1/	20.50	6,5	9,8	2,0
	Кафан /2/	"	6,9	9,6	

З а к л ю ч е н и е

Проведенное исследование позволяет сделать следующее заключение.

Магнитометрические наблюдения на территории Зангезурского полигона отмечают локальные аномалии геомагнитного поля. Однако физическая природа этих аномалий еще не выяснена окончательно и поэтому решение задачи о магнитном предвестнике землетрясений потребует большого объема комплексных геофизических исследований.

Пульсации дифференциальной разницы ΔT в большей степени вызываются вышеперечисленными вторичными явлениями, являющимися помехой, а полезный сигнал сейсмамагнитного эффекта, имеющий меньшую величину, придется отыскивать при отношении сигнал-шум, меньшем единицы.

Выявление локальных аномалий геомагнитного поля сейсмамагнитного происхождения является чрезвычайно сложной проблемой. Применяемая для этой цели дифференциальная система магнитомет-

ров при существующей методике обработки данных измерений не решает поставленную задачу, поскольку разность показаний ΔT испытывает вариации во времени.

Для расшифровки флуктуации ΔT необходимо тщательное изучение особенностей поведения геомагнитных полей в местах установки магнитометров. Расшифровку вариации ΔT могут дать геоэлектрические исследования указанных районов, которые должны привести к определению вклада земных токов в вариации дифференциальной разности.

В связи с тем, что по величине амплитуды аномалия пьезомагнитного происхождения может оказаться величиной второго порядка по отношению к вкладу вторичных эффектов несейсмомагнитного происхождения и третьего порядка по отношению к полной вариации напряженности поля T , необходимо создание новой методики, позволяющей обнаружить полезный сигнал в помехах.

Обнаруженные геомагнитные аномалии должны быть тщательно исследованы дополнительными экспериментами с целью выяснения их физической природы и доказательства их "сейсмомагнитного происхождения".

ИЗУЧЕНИЕ МОДУЛЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛНОГО ВЕКТОРА
НА ПРОФИЛЕ КАФАН - ГЯРД

Изучение связи магнитного поля с сейсмической деятельностью является одной из основных задач в проблеме выявления комплексных геофизических критериев прогноза сильных и разрушительных землетрясений. Связь изменений магнитного поля с тектоническими причинами можно исследовать по многолетним повторным измерениям поля на закрепленных реперах с учетом как сейсмической обстановки, так и геологических условий изучаемой области.

Район Зангезурского землетрясения находится в пределах Армянской тектонической зоны, которая с востока граничит с Сомхет-Кафанской зоной. Естественно предположить, что проявление древних и современных землетрясений в этом районе связано с тектоническими подвижками блоков и перераспределениями напряжений в зоне между двумя основными разломами. Если это так, то медленные изменения магнитного поля во времени в эпицентральной зоне будут отличаться от изменений магнитного поля в соседней Сомхет-Кафанской зоне на достаточном удалении от разлома. Из этих соображений был выбран маршрут Кафан - Гярд, проходящий через эпицентральной зону и выходящий в Сомхет-Кафанскую зону. Измерение поля проводилось с помощью протонных магнитометров ПМ-5. В период прохождения маршрута Кафан-Гярд обеспечивалась непрерывная запись геомагнитного поля на двух обсерваториях: в с.Гярд и в г.Кафан (рис. 1).

При обработке результатов был проведен пересчет всех значений поля за время проведения маршрута на станции "Кафан" к значению поля в Гярде, что позволяет исключить возможные ошибки, связанные с просчетами на одной станции.

Длина маршрута Кафан - Гярд составляет 30 км. От г. Кафана первые 12 км проходят над юрскими отложениями Сомхет-Кафанской тектонической зоны, представленные туфами, туфобрекчиями и порфиритами. Изредка встречаются известняки, мергели и песчаники также юрского возраста. Далее маршрут проходит по Армянской тектонической зоне, которая отделена от Сомхет-Кафанской зоны

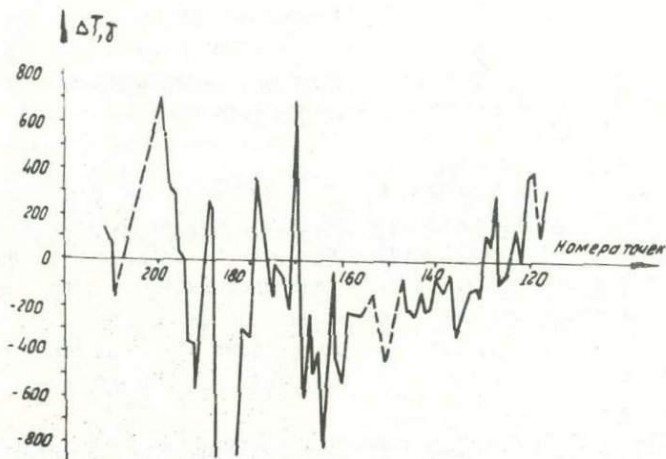


Рис. I. I маршрут - Кафан - Гярд 1969 г.

Хуступ-Гиратахским разломом. В зоне разлома палеозойские сланцы, переслаивающиеся с известняками, подвинуты на восток на вулканогенную толщу юры. Далее на запад маршрут пересекает габбро-диоритовую интрузию и проходит над известняками мелового периода, переслаивающимися с кристаллическими сланцами Аксакальской свиты. У с.Гехи проходит разлом северо-западного простирания, представленный известняками и порфиритами. Между с.Гехи и с.Чайкенд наблюдаются интрузивные породы монцонитового ряда. Ближе к Чайкенду встречаются несколько более магнитные породы основного состава, приближающиеся к габбро-порфиритам, а по мере приближения к с.Гярд - выходы интрузивных пород: сиениты, диориты и т.д. В с.Гярд маршрут пересекает разлом меридионального простирания.

Характер наблюдаемого магнитного поля довольно хорошо согласуется с описанным выше геологическим разрезом.

По всему маршруту наблюдается резкий пилообразный характер изменения ΔT_{α} , что объясняется частой сменой состава пород многочисленными тектоническими нарушениями. Амплитуда колебаний магнитного поля в восточной части разреза (Сомхет-Кафанская тектоническая зона) значительно меньше, чем в запад -

ной части (Армянская тектоническая зона). На участке от г. Кафан до Хуступ-Гиратахского разлома наблюдается тенденция к уменьшению магнитного поля. На протяжении 8-10 км магнитное поле уменьшается примерно на 700-800 гамм. Около Хуступ-Гиратахского разлома отмечается неглубокий минимум, а затем поле растет резкими скачками и между с.с. Багарлу и Нижнее Пиурлу (точка 53) достигает максимального значения. Общее увеличение поля на этом отрезке маршрута составляет около 700 гамм, что по-видимому, связано с габброидными интрузиями. От точки 53 до точки 61 отмечаются довольно резкие колебания амплитуды, а начиная с точки 61 до 67 - быстрое уменьшение магнитного поля на 2400 гамм. Далее вновь наблюдается очень резкое увеличение напряженности магнитного поля при приближении к с. Чайкенд - на протяжении 1-1,5 км напряженность поля увеличивается более чем на 2000 гамм. Глубокий минимум приходится на Гехинский разлом, сложенный немагнитными известняками. От точки 171 до точки 181 (с. Гярд) наблюдаются колебания магнитного поля с максимальной амплитудой 800 гамм, а в самом с. Гярд поле в западном направлении увеличивается на 300-350 гамм.

Полученные данные по характеру магнитного поля на маршруте Кафан - Гярд были сопоставлены с данными магнитной съемки по этому же маршруту, проведенному в 1957 г. Э. Аджимамудовым и Э. Арутюнян. Но поскольку непосредственно сравнивать обе съемки затруднительно, так как в 1957 г. измерения велись только по вертикальной составляющей ΔZ и точность измерений была на порядок ниже, то интересно провести хотя бы качественное сопоставление результатов обеих съемок.

На участке от г. Кафана до Хуступ-Гиратахского разлома по съемке 1957 г. магнитное поле довольно спокойное. Максимальное изменение амплитуды ΔZ достигает 400 гамм при почти постоянном среднем значении.

Наоборот, на участке Гярд - Гиратах, который проходит на эпицентральной зоне Зангезурского землетрясения 1968 г., вариации поля значительно больше и достигают 2000 гамм. Причем также, как и в нашей съемке 1969 г., наиболее глубокий минимум отмечается вблизи с. Гехи и Гехинского разлома. Общий характер поля за прошедшие 10 лет в основном не изменился. К сожалению, более детальные сопоставления неправомерны. Для изучения годового хода в течение 1970 г. был пройден повторный маршрут по профилю Кафан - Гярд.

Маршрутные наблюдения на Зангезурском полигоне затруднены высокими градиентами поля, достигающими единиц гамм на сантиметр. Это требует исключительно высокой привязки повторных измерений, поскольку отклонение положения датчика магнитометра от прежней точки изменяет поле на несколько десятков гамм. На участке, ограниченном Аксакальским и Гярдским разломами, которому соответствуют точки I55-I8I (рис.2), и проходящем в непосредственной близости от эпицентральной зоны Зангезурского землетрясения 1968 г., за период с декабря 1969 г. по август 1970 г., обнаружено увеличение разницы примерно на 20 гамм, что соответствует уменьшению данной геомагнитной аномалии. Несмотря на возможные ошибки измерений, временное уменьшение аномалии зафиксировано на протяжении всего участка маршрута и потому с большей вероятностью можно предполагать тектономагнитную природу этой аномалии, так как ее местоположение совпадает с эпицентральной зоной, так называемым "Гехи-Гярдским" треугольником. Окончательное выявление природы описанной аномалии может быть сделано после изучения харак-

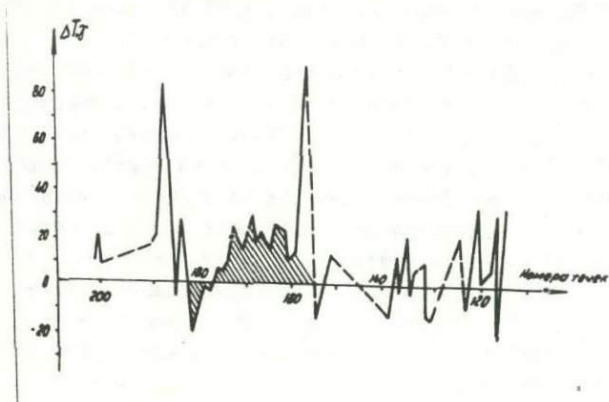


Рис. 2. Изменение разности ΔT на маршруте Кафан - Гярд за период с декабря 1969 г. по август 1970 г.

тера изменения ее во времени. Кроме того, большой интерес для наблюдений представляет участок Хуступ-Гиратахского надвига в районе горы Давид-Бек.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

I. Магнитная восприимчивость и остаточная намагничённость пород Зангезурского полигона

Конечной целью лабораторных исследований магнитных свойств является оценка возможных сейсмомангнитных эффектов, вызванных изменением магнитных параметров (магнитной восприимчивости и остаточной намагничённости J_z) под воздействием тектонических напряжений в эпицентральной зоне Зангезурского землетрясения.

По сейсмическим данным, эпицентральная зона этого землетрясения расположена между двумя региональными разломами: с запада - Дебаклинским и с востока - Хуступ-Гиратахским.

В геологическом разрезе встречаются вулканогенные, вулканогенно-осадочные породы палеозоя, юры, мела, нижнего палеогена и молодые интрузии эоценового возраста. Наиболее древние породы палеозоя представлены осадочными и метаморфизованными породами (известняки, сланцы), вулканогенными образованиями, хлоритизированными порфиритами, туфобрекчиями, туффитами.

Более поздние юрские отложения представлены плагиоклазовыми, плагиоклаз-пироксеновыми и их вулканическими туфами. Самые молодые породы - интрузивные образования эоценового возраста: гранодиориты, граносиениты, диориты, монцониты, габбро-диориты, габбро-пироксениты.

По литературным данным, магнитные параметры основных, средних и кислых пород района меняются в широких пределах: магнитная восприимчивость χ_0 от 0 до $42700 \times 10^{-6} \text{ CGSM}$, остаточная намагничённость J_z от 0 до $84500 \times 10^{-6} \text{ CGSM}$. Магнитная восприимчивость наибольшая у оливиновых базальтов, порфиритов (в первую очередь, наиболее молодых), габбро, а затем у кислых пород эоцена (гранодиориты, кварцевые диориты, сиениты).

Остаточная намагничённость наиболее высока у оливиновых базальтов - до $J_z = 84450 \times 10^{-6} \text{ CGSM}$, средняя величина $J_z = 10000 \times 10^{-6} \text{ CGSM}$. Большие величины J_z отмечаются у порфиритов за исключением эпидотхлоритовых, по-видимому, более древ-

них, и порфиритов палеозоя. Из кислых пород наибольшее Σ_1 у интрузивных пород верхнего эоцена I фазы излияния. Осадочные породы практически не магнитны.

Отношение остаточной намагниченности к индуктивной (фактор Q) у всех пород изменяется от 0,1 до 15. Наибольшие величины фактора Q - у интрузивных пород верхнего эоцена I фазы, оливиновых базальтов и плагиоклазовых порфиритов.

Наиболее характерными для данного региона магнитными разностями являются габброидные породы, базальты, молодые порфириты и гранодиориты.

Через исследуемый полигон был проложен профиль Гехи - Го - рис, пересекающий сейсмоактивную зону, секущий Хуступ-Гиратах - ский разлом, и далее проходящий по другой тектонической зоне (Сомхет - Кафанской). По этому профилю была проведена магнитная съемка и запланированы на ближайшие годы многократные повторения маршрутов с целью выявления изменения магнитного поля во времени.

Образцы отбирались в процессе проведения маршрута по всем встреченным магнитным разностям и с пунктов, где магнитное поле обладало наибольшим градиентом.

На схеме отбора (рис. 1) нанесен маршрут, проходящий между двумя региональными разломами. Пункты отбора нанесены с разрядкой и на схеме помечены индексами M1, M2 и т.д.

Дополнительно были отобраны образцы из гранодиоритовой интрузии в западной части полигона (на схеме они помечены индексами Э1-Э4); образцы порфиритов - на границе гранодиоритовой интрузии (А1-А4) и образцы монзонитов с Каджаранского рудного поля у Дебаклинского разлома (К1-К8).

Величина магнитной восприимчивости измерялась на специальной установке. Точность измерения χ составляет $\pm 1\%$. Остаточная намагниченность измерялась на рок-генераторе с погрешностью, не превышающей $\pm 5\%$.

Возраст пород взят условно с геологической карты, составленной С.С.Мкртчяном.

В начале указанный выше маршрут проходит по слабomagнитным известнякам, затем пересекает интрузию гранодиоритов, далее пересекает опять известняки и порфириты. На этом участке маршрута отобраны образцы M-1- M-30. Над ПК I-4 наблюдается минимальное магнитное поле, соответственно с этого участка взя-

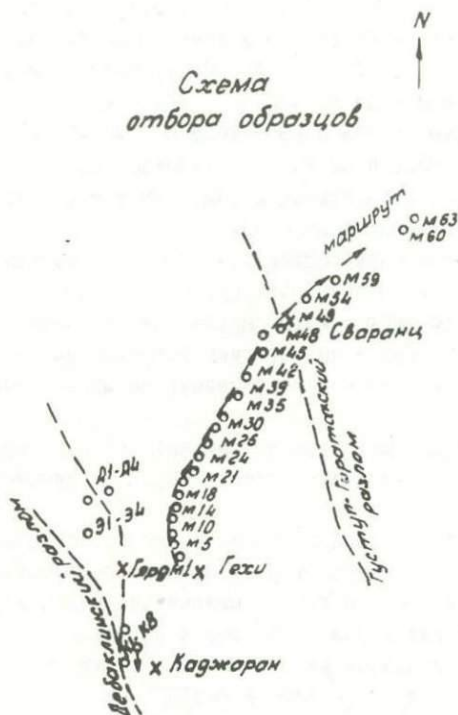


Рис. I. Схема отбора образцов

ты известняки (М-1 - М-4) с магнитной восприимчивостью $\chi_o = 54-122 \times 10^{-6}$ и остаточной намагниченностью $Y_z = 160-400 \times 10^{-6}$. Между ПК 5 и 6 наблюдается локальное увеличение магнитного поля и соответственно отобраны образцы габбро-порфирита с $\chi_o = 3400-3700 \times 10^{-6}$ и $Y_z = 1850-2200 \times 10^{-6}$ и гранодиориты с $\chi_o = 1200-1500 \times 10^{-6}$ и $Y_z = 1230-1800 \times 10^{-6}$. Локальный максимум у ПК 5^{XX} соответствует диоритовым порфиритам (М-10 - М-13) с магнитной восприимчивостью, доходящей до 6800×10^{-6} . У ПК 7 отмечен локальный минимум - здесь отобраны диоритовые порфириты с несколько меньшими магнитными параметрами (М14 - М17) - $\chi_o = 1700-2400 \times 10^{-6}$ и $Y_z = 270-590 \times 10^{-6}$ с.с.с.м. Около ПК 10 - локальный минимум, которому соответствует гранодиорит (М21 - М22) с $\chi_o = 620-680 \times 10^{-6}$ и $Y_z = 330-460 \times 10^{-6}$.

Поле достигает максимума у вершины г.Арамазд (ПК 20-21). На этом участке встречены сильно магнитные порфириты с J_z до 10000×10^{-6} и $\chi_0 = 2000 \times 10^{-6}$ (М35-М38), габбро-порфириты, у которых J_z доходит до 85000×10^{-6} (М31 - М34) и пироксенороговообманковые андезиты (М39-М42) с $J_z = 5000-6000 \times 10^{-6}$.

Резкое увеличение поля на этом участке связано, по-видимому, как с увеличением магнитных пород, так и с увеличением мощностей этих магнитных разностей.

Далее магнитное поле убывает. Изверженные породы по маршруту перекрываются осадочным чехлом. На отдельных участках осадочную толщу прорывают сильно магнитные габбровые и другие интрузивные породы. Далее по маршруту встречаются немагнитные известняки. Слабо магнитные разности на этом участке не отбились.

Таким образом, общий характер магнитного поля вдоль маршрута согласуется с изменением состава пород на дневной поверхности.

Магнитное поле в западной части полигона по данным ИГИС (1968 г.) и Геофизической партии Армянского геологического управления (отчет за 1967-68 гг.) - минимально над центром гра-нодиоритовой интрузии и увеличивается к ее краям.

Образцы гранодиоритов из центральной части интрузива (на схеме Э1-Э4) обладают $\chi = 1700-2000 \times 10^{-6}$ и $J_z = 880 \times 1200 \times 10^{-6}$, а порфириты на границе гранодиоритового интрузива (А1 - А4) обладают значительно более высокими параметрами $\chi = 5700-6700 \times 10^{-6}$, $J_z = 3400-9900 \times 10^{-6}$. Таким образом, магнитность образцов из крайней части интрузива значительно выше магнитности образцов из центральной части, что также хорошо согласуется с характером магнитного поля.

Для того чтобы по лабораторным исследованиям образцов, отобранных с дневной поверхности, можно было судить о величинах ожидаемого сейсмомагнитного эффекта, надо иметь основания предполагать, что на глубинах, порядка глубины очага, встречаются примерно такие же породы.

Однозначно ответить на этот вопрос трудно. Однако, принимая во внимание хорошее соответствие значений наблюдаемого поля с величинами магнитных параметров образцов, а также соответствие характера магнитного поля, измеренного по маршруту и измеренного на разных высотах при аэромагнитной съемке Малого

Кавказа в 1960 году, можно считать, что отобранная коллекция достаточно представительна и может быть использована для изучения сейсмомагнитного эффекта.

2. Исследования остаточной намагниченности под давлением

В табл. 1 приведены величины изменения естественной остаточной намагниченности в процессе нагружения образца для различных интервалов давления. Результаты экспериментов показывают, что при повышении давления величина полного вектора естественной остаточной намагниченности уменьшается. Наибольшая часть уменьшения обуславливается необратимыми процессами. При этом уменьшение происходит при различной ориентации вектора J_z относительно оси сжатия. Исключение представляют образцы М40 и М52 (рис. 2), у которых при увеличивающейся нагрузке наблюдалось некоторое увеличение J_z .

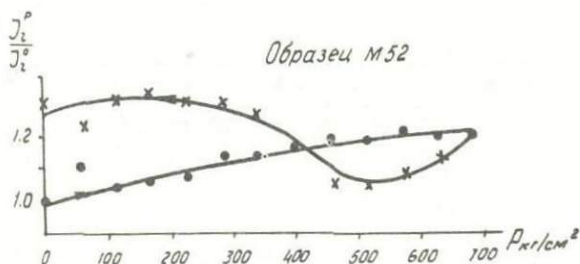


Рис. 2. Зависимости J_z^P / J_z^0 под давлением для образца М-52

В табл. 2 даны величины изменения остаточной намагниченности образцов в процессе нагрузки для различных интервалов давлений. На рис. 3, 4, 5 приведены типичные кривые зависимости $J_z(P)$. Эксперименты показывают, что на большинстве образцов при нагрузке остаточная намагниченность увеличивается, но первоначальной величины не достигает. Образцы М5 и М40 показывают уменьшение J_z при разгрузке. Образец М52 (рис. 2) обнаруживает увеличение остаточной намагниченности при снятии давления. Величина остаточной намагниченности у этого образца после разгрузки превышает первоначальную остаточную намагниченность на

Таблица 1

Номер образ-ца	Изменение $\gamma_z(P)$ в % при увеличивающейся нагрузке		
	0-200 кг/см ²	200-400 кг/см ²	400-600 кг/см ²
М 31	-3,5	-6	-18
М 36	-3,0	-7	-10
М 40	+6,0	+3	-9
М II	-20	-5	-5
А 2	-5	-15	-2
Э I	-35	-5	-5
М 5	-12,5	-9,5	-5
М 52	+8	+7	+6

Знак минус означает уменьшение $\gamma_z(P)$ в данном интервале давлений, знак плюс - увеличение.

Таблица 2

Номер образ-ца	Изменение $\gamma_z(P)$ в % при уменьшающейся нагрузке		
	0-200 кг/см ²	200-400 кг/см ²	400-600 кг/см ²
М 31	+20	+7	+13
М 36	+3	+3	+3
М 40	-5,5	-5,5	-9
М II	0	0	+2,5
А 2	+10	+2	0
Э I	+1	+4	+13
М 5	-4,5	-6	-5
М 52	-2,5	+12	+2,5

Знак минус означает уменьшение $\gamma_z(P)$ в данном интервале давлений, знак плюс - увеличение.

30%. По-видимому, рост остаточной намагниченности в этом случае вызван возникновением пьезоостаточной намагниченности. На рис. 6 показаны результаты исследования образца АЗ. Как видно из рисунка, при снятии давления величина остаточной намагниченности -

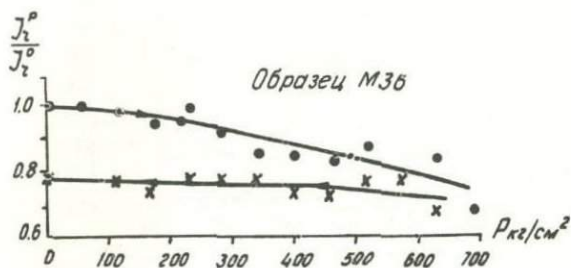


Рис. 3. Зависимости J_2^p/J_2^0 под давлением для образца М-36



Рис. 4. Зависимости J_2^p/J_2^0 под давлением для образца Э1

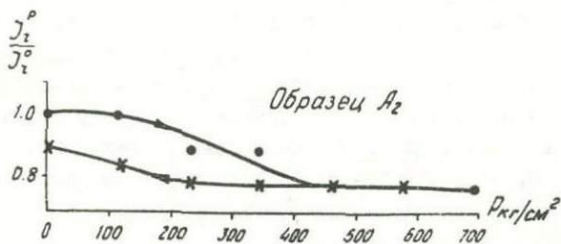


Рис. 5. Зависимости J_2^p/J_2^0 под давлением для образца А2

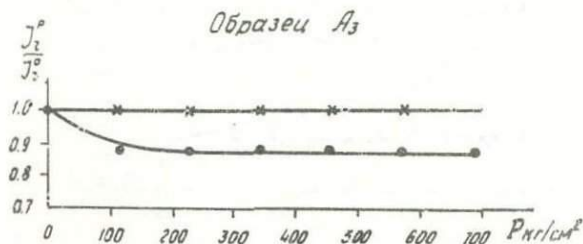


Рис. 6. Зависимости J_z^p / J_z^0 под давлением для образца А₃

сти полностью восстанавливается, т.е. при нагружении образца наблюдаются обратимые изменения остаточной намагниченности. В данном случае значительные изменения J_z на начальном участке давлений и стабилизация кривой $J_z(P)$ при более высоких давлениях характерны для поведения вязкой остаточной намагниченности под давлением. Это подтверждается испытаниями на вязкость данного образца.

3. Результаты экспериментов

Результаты измерений при исследовании начальной магнитной восприимчивости под давлением показывают, что начальная магнитная восприимчивость в процессе нагружения во всех случаях уменьшается. При снятии нагрузки наблюдается увеличение восприимчивости до величины, близкой к первоначальной. В отдельных случаях после снятия нагрузки восприимчивость возрастает до величины несколько большей первоначальной (рис. 7). Кружками обозначены значения χ_0 в процессе увеличения нагрузки от 0 до P_{max} , крестиками — значения χ_0 при уменьшении давления от P_{max} до 0. На всех исследованных образцах зависимость $\chi_0(P)$ близка к линейной. Типичные кривые исследований приведены на рис. 8, 9, 10. Кружками обозначены значения χ_0 , замеренные в момент наложения нагрузки, крестиками — χ_0 после снятия соответствующего давления.

В заключение следует отметить следующее:

1. Впервые на образцах из эпицентральной зоны проведены ис-



Рис. 7. Зависимости χ_0^P / χ_0^0 под давлением для образца Э₃

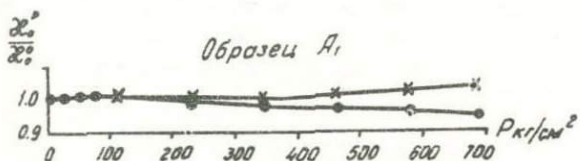


Рис. 8. Зависимость χ_0^P / χ_0^0 под давлением для образца А₁



Рис. 9. Зависимости χ_0^P / χ_0^0 под давлением для образца Э₃

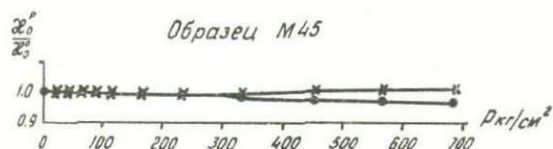


Рис. 10. Зависимости χ_0^P / χ_0^0 под давлением для образца М-45

следования изменения величины магнитной восприимчивости и естественной остаточной намагниченности в процессе нагружения.

2. Величины этих изменений свидетельствуют в пользу возможности наблюдения на данной площади сейсмомагнитного эффекта.

3. В силу сложных зависимостей $\chi(P)$, $J_z(P)$, полученных экспериментально на данной серии образцов, необходимы дальнейшие детальные исследования этого района для оценки перспектив сейсмомагнитных наблюдений.

С о д е р ж а н и е

	стр.
П р е д и с л о в и е	5
П.Г.А л о я н. Геотектонические условия возникновения и проявления Зангезурских землетрясений 1968г.	7
А.Г.Назаров, Л.В.Шахсуварян, С.А.Пирузян, В.А. Закарян. Макросейсмическое обследование Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.	22
З.З.Султанова. Проявление зангезурских землетрясений 1968г. на территории Азербайджанской ССР	54
Ф.Т.Кулиев, А.С.Кулиев. Сейсмический эффект Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. на территории Нахичеванской АССР	58
В.Л.Мнацаканян, С.А.Шагинян. Инженерное обследование промышленных сооружений Каджарана при зангезурских землетрясениях 9 июня и 1 сентября 1968 г.	61
Д.Н.Рустанович. Инструментальное исследование эпицентральной зоны Зангезурского землетрясения 1968 г.	84
Н.К.Карапетян. Результаты сейсмологического изучения зангезурских землетрясений 1968 г. О слое в земной коре, выявленном по данным этих землетрясений	113
Н.К.Карапетян. Напряженное состояние в очагах зангезурских землетрясений 1968 г. и механизм их возникновения	135
Н.К.Карапетян, Л.А.Мхитарян. Спектральный анализ сейсмических колебаний при последующих толчках зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.	153
Д.И.Сихарулидзе, А.Х.Баграмян. Изучение поверхностных сейсмических волн при зангезурских землетрясениях 1968 г.	165
Б.К.Карапетян, Н.К.Карапетян, Л.А.Мхитарян. Инструментальное исследование сейсмического воздействия при последующих толчках Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.	175

Б.К.Карапетян.	Инструментальное исследование колебаний 9-и этажного жилого дома, возведенного в г.Кафане, при последующих толчках Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.	206
Ц.Г.Акопян, С.А.Пирузян, Л.А.Самойлюк.	Новые данные о тектоническом строении зангезурской сейсмосактивной зоны	216
Ц.Г.Акопян, Т.А.Сирунян.	Некоторые результаты магнитометрических работ, проведенных в очаговой зоне Зангезурского землетрясения 1968 г.	225
О.М.Барсуков, Л.А.Ахвердян, Л.Н.Андропова, О.Г.Овсепян,	Наблюдение сейсмомагнитного эффекта у очага Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г.	232
О.М.Барсуков, Л.А.Ахвердян.	Изучение модуля напряженности полного вектора на профиле Кафан-Гярд	247
Л.С.Безуглая, Л.А.Ахвердян.	Исследование магнитных свойств горных пород	251

Печатается по решению ученого совета
института геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Редактор издательства В. Б. Андреасян

ВФ 05713

Изд. 3908.

Заказ 607

Тираж 500

Сдано в производство 30/VIII 1973 г., подписано к печати

11/VI 1973 г., печ. л. 16,5, изд. 14,6 л.

Бумага № 1 60×90^{1/16}. Цена 1 р. 17 к.

Типография Издательства АН Армянской ССР, г. Эчмиадзин

5310