

И. Г. АЛОЯН

ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕХАНИЗМ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАНГЕЗУРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
1968 ГОДА

9 июня и 1 сентября 1968 г. в Центральном Зангезуре (южная Армения) произошли сильные землетрясения, в результате которых были повреждены жилые дома, больницы, административные и школьные здания. Эпицентры землетрясений расположены на южных отрогах Баргушатского хребта, восточнее пересечения последнего с Зангезурским хребтом.

По поручению дирекции Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Арм. ССР нами проводились исследования в Центральном Зангезуре (г. Кафан—г. Каджаран) с целью выявления особенностей геотектонического развития эпицентрального района.

В настоящей статье кратко излагаются основные результаты этих исследований, которые указывают на причинную связь сейсмической активности и тектоники.

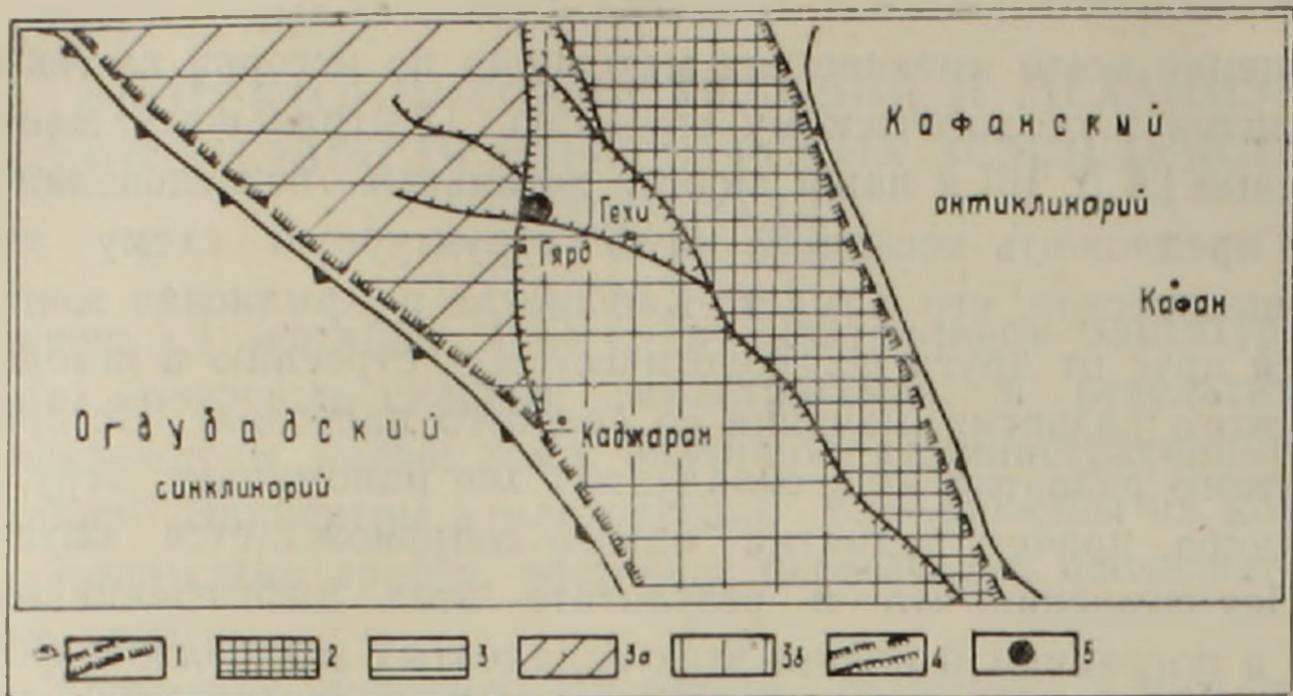
Правильное понимание структурных особенностей эпицентрального района зангезурских землетрясений имеет принципиальное значение для выявления взаимосвязи между сейсмической активностью и геологическим строением области. Особенности геологического строения и тектоники Зангезура в той или иной степени освещены 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 синклиорий сложен карбонатно-терригенными отложениями мела и вулканогенно-осадочными отложениями палеогена [1, 8].

Обобщение всего имеющегося материала по истории геотектонического развития и геологическому строению Центрального Зангезура, новые данные [3, 6, 10] и наши личные детальные исследования дают основание предложить несколько иную структурную схему этой области. Общеизвестно, что Сомхето-Кафанская и Армянская зоны резко отличаются друг от друга по геологическому строению и истории геотектонического развития, начиная со среднего палеозоя. История геотектонического развития этих складчатых зон напоминает игру блоков разных знаков, причем поднятие одного сопровождается опусканием другого. Нет сомнения, что в результате этих дифференцированных движений в пограничной полосе этих складчатых зон должна формироваться определенная зона дробления, интенсивного смятия и гидротермального изменения, более проницаемая как для внедрения интрузивов, так и для проникновения рудных гидротерм. Надо полагать, что эта зона должна характеризоваться своеобразием тектонического строения, резко отличным от внутренней структуры сопредельных складчатых зон, а также повышенной сейсмической активностью. Своеобразие внутреннего строения зоны сочленения заключается в том, что здесь главную роль играет глыбовая (разломная) складчатость, обусловленная наличием многочисленных сложно построенных зон тектонических нарушений, по которым происходили и происходят дифференцированные движения отдельных глыб (блоков). К сожалению, это обстоятельство прежними исследователями не учитывалось, что привело к неправильному истолкованию структурных особенностей эпицентрального района. Так, например, необходимость выделения антиклинальных и синклинальных структур в пределах пограничной полосы примыкающих складчатых зон (по примеру их внутреннего строения) привела к тому, что в эпицентральной зоне (в районе сел. Гярд) некоторые исследователи описывают антиклинальную складку субмеридионального простирания [7], вторые описывают антиклинальную складку субширотного простирания (Г. О. Пиджян и др.), а третьи — складку северо-западного простирания [8].

Исходя из всего вышесказанного, в пределах Центрального Зангезура нами выделяются следующие структуры: 1. Кафанский антиклиорий; 2. Зона сочленения Сомхето-Кафанской и Армянской складчатых зон; 3. Ордубадский синклиорий (фиг. 1). Зона сочленения имеет очень сложное внутреннее строение, представляя из себя мощную зону крупных крутопадающих близко расположенных тектонических разломов северо-западного простирания. Наиболее крупными из них являются зоны Хуступ-Гиратагского, Ахсакальского, Гярдского и Дебаклинского разломов. Хуступ-Гиратагская и Дебаклинская зоны разломов ограничивают 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 Хуступ-Гиратагским, а с запада Ахсакальским



Фиг. 1. Структурная схема Центрального Зангезура. 1. Границы зоны сочленения. 2. Зона шва. 3. Западный грабен. а. Зангезурское горстовое поднятие. б. Каджаранский грабен. 4. Зоны тектонических нарушений. 5. Эпицентры землетрясений 1968 г.

разломами северо-западного простирания при юго-западном падении. Шовный горст сложен интенсивно дислоцированными и метаморфизованными средне-верхнепалеозойскими 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. Наши детальные исследования показали, что через середину Западного грабена проходит зона Гярдского сбросо-сдвигового нарушения меридионального простирания с восточным падением. Зона этого разлома 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 [9], то вновь выделенные Шовный горст и Зангезурское горстовое поднятие будут соответствовать Баргущатскому и Капутджихскому локальным сводо-глыбовым поднятиям, а Каджаранский грабен—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 этом отношении особый интерес представляет выделение на севере Каджаранского грабена Гехинского блока треугольной формы, испытывающий в настоящее время интенсивное вертикальное опускание. Тектонический блок-треугольник образуется в зоне пересечения трех крупных разломов (меридионального—Гярдского, северо-западного—Ахсакальского и субширотного—

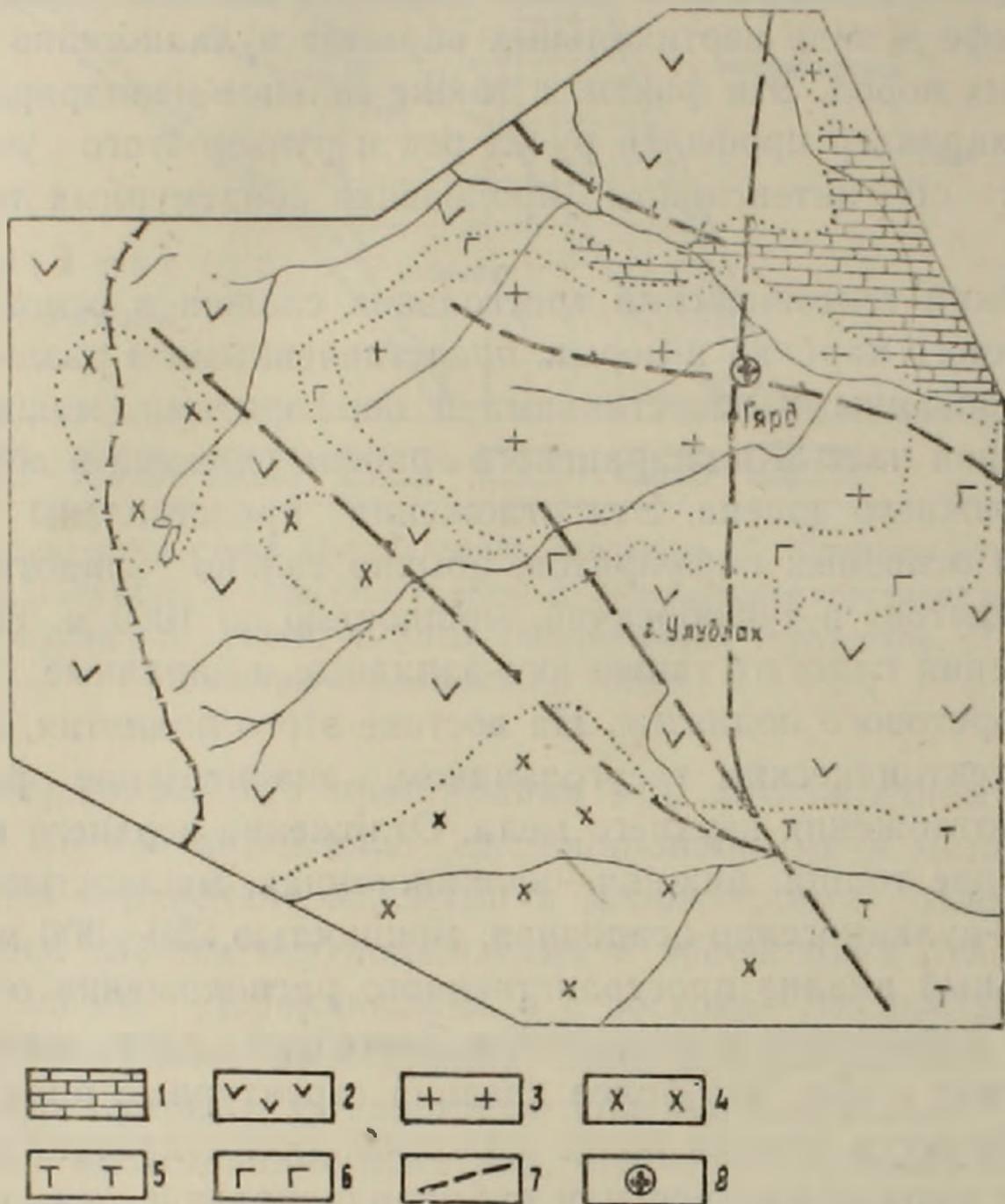
Чайкендского) и является самым сейсмоопасным участком этого района. Гярдское сбросо-сдвиговое тектоническое нарушение является самой молодой и секущей структурой, к которой пространственно и генетически приурочены эпицентры зангезурских землетрясений. Гярдское и Чайкендское нарушения в эпицентральной зоне эффектно 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, представленными в различной степени метаморфизованными известняками и порфиритами, мощностью 200—250 м. Южная часть Каджаранского грабена сложена в основном отложениями нижнего эоцена. Эти отложения представлены отдельными разностями основных порфиритов, обычно сильно эпидотизированных, туфов, туффитов и туфобрекчий, мощностью до 1000 м. 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. Отложения верхнего мела расчленяются на две толщи: нижняя—вулканогенная, мощностью до 1500 м, и верхняя—вулканогенно-осадочная, мощностью 250—300 м [1, 2, 6, 8].

Детальный анализ пространственного расположения основных тектонических нарушений и интрузивов Зангезура дает нам основание сделать вывод о том, что более древний структурный план расположения этих структур сечется более молодым. Более древний структурный план имеет меридиональное или субмеридиональное (в основном север-северо-западное) простирание, а более молодой—субширотное (в основном запад-северо-западное) простирание. Пересечение более древнего структурного плана более молодым происходит в пределах Центрального Зангезура и в общем плане напоминает структурные «ножницы», причем при движении от рукояток к ножнам наблюдается омоложение как тектонических нарушений, так и интрузивных пород. Внутри субширотной структурной зоны наблюдается интересная закономерность. На фоне общего запад-северо-западного простирания зоны тектонические нарушения и интрузивы, имея широтное простирание, ориентированы под углом к общему простиранию субширотной структурной зоны, причем каждая более южная зона разломов или группа интрузивов выдается к востоку за предыдущую, располагаясь кулисообразно.

Анализ фаций и мощностей палеозойских и мезо-кайнозойских отложений эпицентральной зоны показывает, что а) эпицентральный район испытал двукратное изменение общей направленности тектонического режима (повторная инверсия) в конце палеозоя и в верхнем эоцене; б) за верхний эоцен-четвертичное время район испытывает ин-

тенсивное сводовое поднятие свыше 4000 м (с учетом новейших тектонических движений—свыше 2000 м); в) район характеризуется максимальными мощностями и градиентами мощностей мезо-кайнозойских (коньяк-среднеэоценовых) отложений.

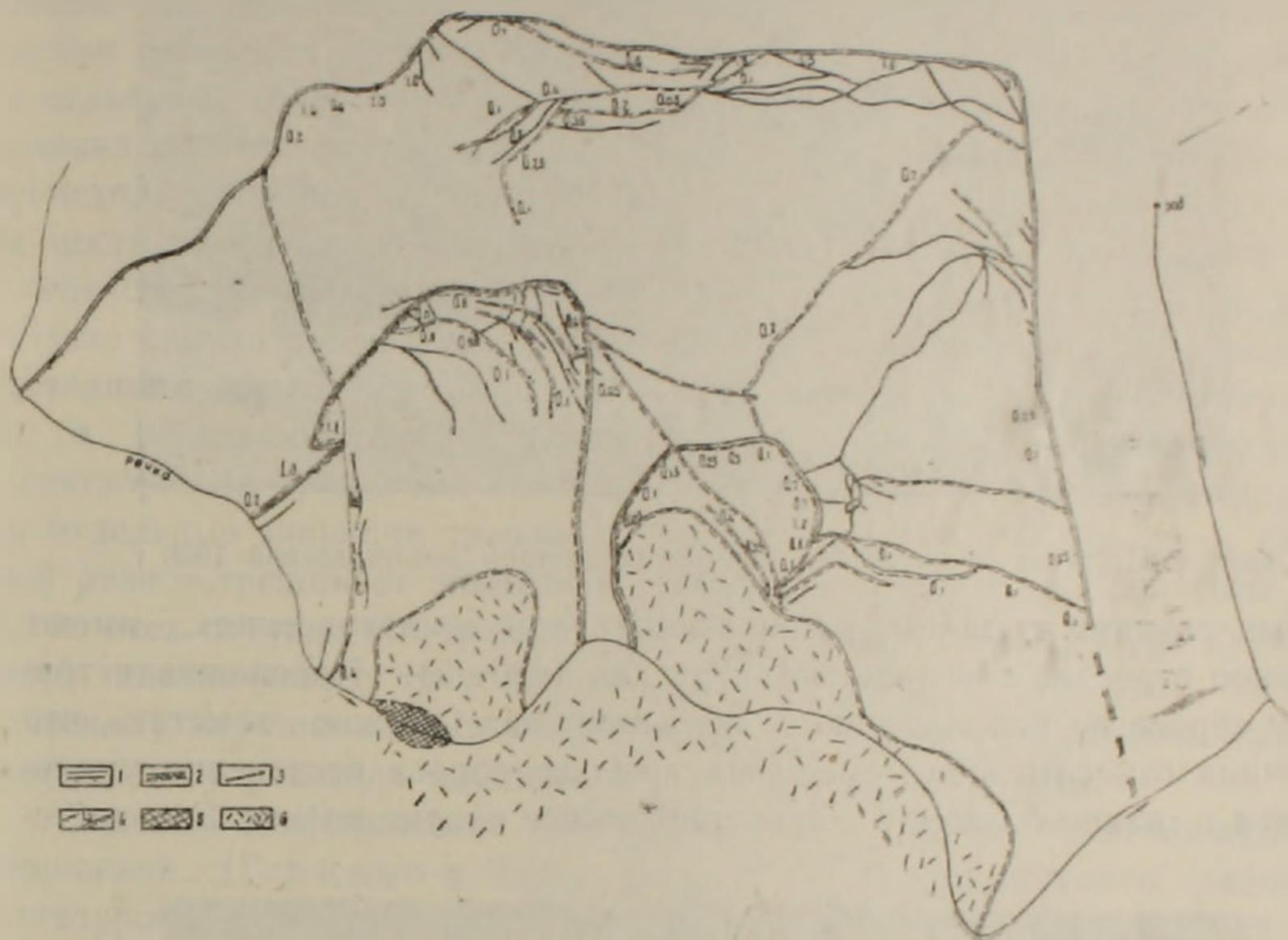


Фиг. 2. Схематическая геологическая карта эпицентрального района Зангезурских землетрясений 1968 года. 1. Известняки верхнего карбона-перми. 2. Вулканогенно-осадочные отложения нижнего эоцена. 3. Плагиограниты. 4. Порфириновые гранодиориты. 5. Монзониты. 6. Габбро-диориты. 7. Тектонические нарушения. 8. Эпицентры Зангезурских землетрясений 1968 г.

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—плагиогранит.

Эпицентр землетрясения 9 июня имеет трапецевидный контур (фиг. 3). 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. 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. Все отмеченные трещины внутри контура 9 июня группируются в одну группу, что соответствует имевшему место одной серии толчков.



Фиг. 3. План эпицентров Зангезурских землетрясений 1968 года. 1. Контур эпицентра 9 июня. 2. Контур эпицентра 1 сентября. 3. Трещины без вертикального смещения. 4. Трещины с вертикальным смещением. Штриховка на стороне опущенного крыла. Величина вертикального смещения в метрах. 5. Участок предполагаемого «взрыва». 6. Обвалы.

Эпицентр землетрясения 1 сентября располагается внутри контура эпицентра 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. Эти два контура, на наш взгляд, соответствуют двум основным толчкам землетрясения 1 сентября. Трещины, оконтуривающие эти границы, имеют вертикальные падения с амплитудой вертикального смещения до 1,2 м относительно опущенной площадки эпицентра 9 июня. Горизонтальная амплитуда в основном составляет 0,05—0,1 м, иногда 0,15—0,20 м, редко 0,40—0,50 м. Сдвиговые смещения полностью отсутствуют. Внутри контуров 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 (фиг. 4) в виде клина (грабена). Во всех вышеописанных



Фиг. 4. Ступенчатое опускание участка эпицентров землетрясений 1968 г.

саных случаях трещины, возникающие при землетрясениях, имеют сложное строение и волнистые очертания (фиг. 5). 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 посте-



Фиг. 5. Образование сложных трещин посредством разрушения перемычек между кулисообразно расположенными более мелкими трещинами.

пенное уменьшение амплитуды сброса указывает на постепенное же рассеивание разрыва в мелких скольжениях, характеризующих пластическую деформацию. Этот переход разрыва в пластическую дефор-

мацию 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 [4].

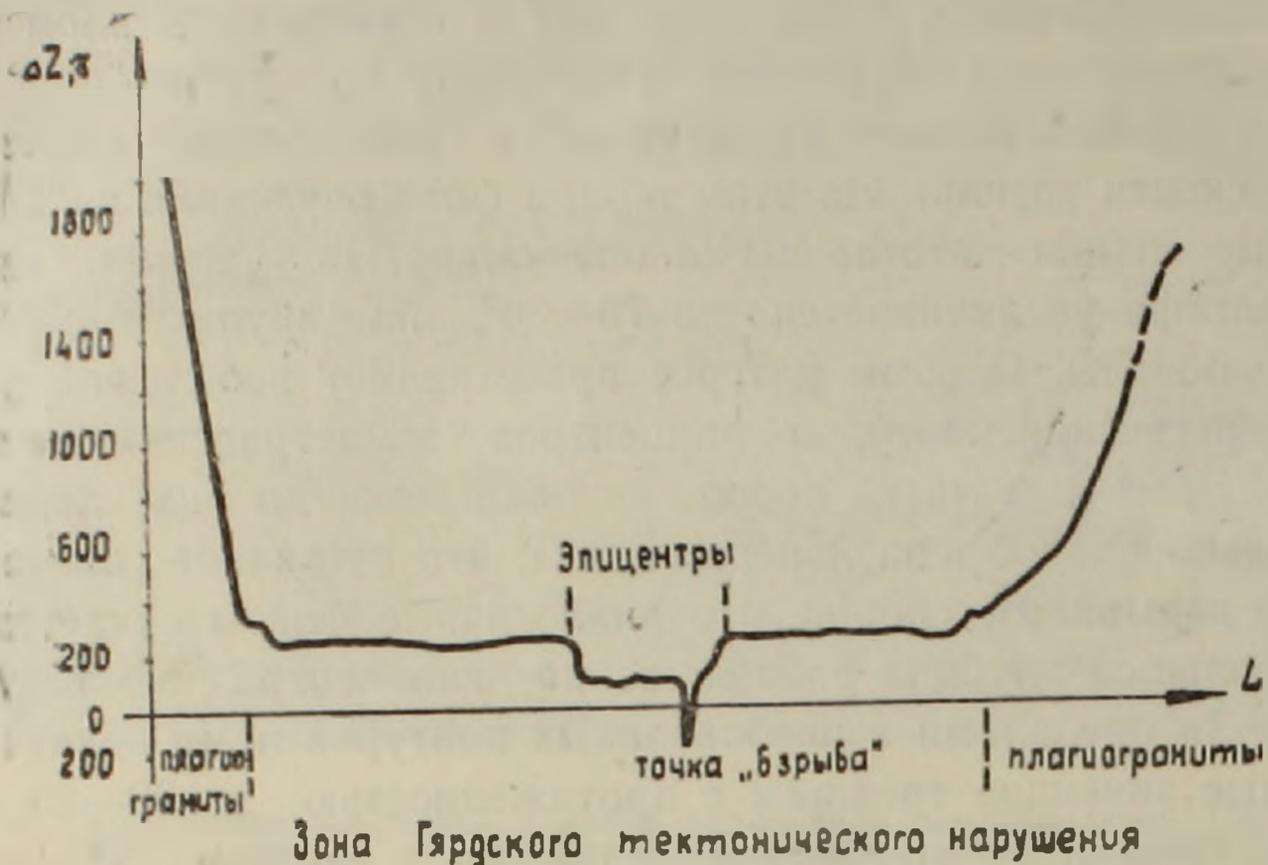
Все вышезложенное свидетельствует о преимущественном преобладании вертикального опускания (смещения) по крутым плоскостям трещин над горизонтальным смещением, в направлении перпендикулярном плоскости трещин. На этом общем фоне опускания наблюдаются отдельные «блоки», отставшие от опускания. На участках, где угол падения рельефа увеличивается до 70—80°, 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 факты 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.

С целью геофизической оценки вновь выявленных тектонических нарушений (Гярдского и Чайкендского) и эпицентрального района зангезурских землетрясений нами, совместно с инженером-геофизиком А. Халатяном, были проведены магнитометрические исследования.

Проведенные исследования показали, что слагающие эпицентральный район интрузивные породы (плагиограниты) характеризуются величинами ΔZ до плюс 2000 и более гамм, в то время как зоны Гярдского и Чайкендского нарушений—плюс 250—350 гамм. Эпицентры Зангезурских землетрясений, расположенные в зоне Гярдского нарушения, характеризуются величинами ΔZ до плюс 150—250 гамм. На участке предполагаемого «взрыва» ΔZ составляет минус 169 гамм! Явление размагничивания в зонах тектонических нарушений и обратного намагничивания при взрывах общеизвестно и не требует особого рассмотрения (фиг. 6).

Таким образом, в структурном отношении эпицентральный район зангезурских землетрясений располагается в зоне сочленения Сомхето-Кафанской и Армянской складчатых зон. Зона сочленения является проявлением зоны глубинного разлома и характеризуется повышенной сейсмической активностью. Такая зона в сейсмологии известна как зона сейсмического шва [5]. Однако, сейсмической активностью зона сочленения на всем своем протяжении характеризуется не в равной степени. Выше мы отметили, что на фоне общего интенсивного сводового поднятия эпицентрального района происходит не менее интенсивный

процесс опускания в пределах Гехинского блок-треугольника. С другой стороны, эпицентры зангезурских землетрясений, ограниченные сбросовыми трещинами, отделяются от соседних участков и оседают в виде ступенчатого грабена (клина). Отсутствие всяких сдвиговых сме-



Фиг. 6. График величины ΔZ эпицентрального участка.

щений и значительный размер горизонтального смещения, перпендикулярно плоскости трещин, 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 ступенчатое опускание участка эпицентров.

Возникновение разрывов растяжения при формировании куполовидных поднятий под влиянием поперечного изгиба слоев силой, направленной вертикально вверх, экспериментально и теоретически рассмотрен в работах В. В. Белоусова и его сотрудников [4]. Трещины растяжения, возникшие в земной коре в условиях выгибания вверх, при дальнейшем развитии растяжения переходят в разрывные смещения сбросового типа. Обычно сбросы встречаются в тех или иных сочетаниях, образуя структурные формы грабена и горста или ступеней (ступенчатые сбросы). При этом основной структурной формой является грабен, крылья которого часто осложнены ступенчатыми сбросами. Горсты являются формами второго порядка, возникающие в результате отставания некоторых участков от опускания, являющегося основным процессом. При оседании грабена происходит заклинивание осевшего блока по типу плотничьего «замка».

Если сопоставить вышеизложенный фактический материал с результатами экспериментальных и теоретических исследований, то можно сделать вывод, что резко контрастные дифференцированные вертикальные движения, обуславливающие геотектонические особенности

современной структуры эпицентрального района, по-видимому, определяют повышенную сейсмическую активность этого участка.

Обобщая все вышеизложенное, мы приходим к выводу, что процесс формирования грабена на своде поднятия, вследствие возникновения встречных сбросов в условиях растяжения, является возможным механизмом возникновения зангезурских землетрясений. Непосредственной причиной возникновения землетрясений 1968 года является процесс образования (обновления) одного из таких встречных сбросов — зоны Гярдского (возможно и Чайкендского) сбросо-сдвигового сейсмогенетического разрыва.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 9.VI.1969.

Պ. Գ. ԱՂՅԱՆ

ԶԱՆԳԵԶՈՒՐԻ 1968 Թ. ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ԳԵՈՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆ- ՆԵՐՉ ԵՎ ԱԻԱԶԱՑՄԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ստրուկտուրային տեսակետից Զանգեզուրի երկրաշարժերի էպիկենտրոնական շրջանը տարածականորեն և ժազմամբ հարում է Սոմխեթա-Ղափանյան և Հայկական ծալքավոր գոտիների հարակցման զոնային: էպիկենտրոնական շրջանը, որտեղ հին դեֆորմացիոն ստրուկտուրաները հատվում են նորերով, բնութագրվում է գեոտեկտոնական ռեժիմի ընդհանուր ուղղության կրկնակի փոփոխմամբ, կոնյակ-միջին էոցենյան նստվածքների մաքսիմալ հզորություններով և վերին էոցեն-չորրորդական ժամանակաշրջանում ինտենսիվ գմբեթաձև բարձրացմամբ (ավելի քան 4000 մ):

Այդ ընդհանուր բարձրացման ֆոնի վրա ժամանակակից երկրաբանական դարաշրջանում գմբեթի գազաթնային մասում ձգման ուժերի ազդեցության ներքո առաջանում են տեկտոնական հանդիպակաց վարնետքային խզումներ, որոնք պայմանավորում են Գեխի տեկտոնական բլոկի սեպաձև իջեցումը:

Զանգեզուրի երկրաշարժերը անմիջականորեն կապված են այդ խզումներից մեկի՝ Գյարդի վարնետք-կողաշարժային միջօրեական ուղղություն ունեցող տեկտոնական խզման նորոգման հետ: Այս խզման զոնայում են տեղադրված հունիսի 9-ի և սեպտեմբերի 1-ի երկրաշարժերի էպիկենտրոնները:

Զանգեզուրի երկրաշարժերի էպիկենտրոնների եզրագծերն արտահայտված են խոշոր ուղղաձիգ ճեղքերով, որոնց ուղղաձիգ ամպլիտուդան կազմում է 1,8 մ, իսկ հորիզոնականը՝ 0,5 մ: Այդ եզրագծերի ներսում առկա են ճեղքեր, որոնցով տեղի է ունեցել ուղղաձիգ տեղաշարժ և ճեղքեր, որոնք այդպիսի շարժման հետքեր չեն կրել: Կողաշարժային տեղաշարժերը լրիվ բացակայում են: Բոլոր դեպքերում երկրաշարժերի հետևանքով առաջացած ճեղքերն ունեն բարդ կառուցվածք և կորագծային ուրվագիծ: Երկրաշարժերի հետևանքով էպիկենտրոնների տեղամասն աստիճանաբար ենթարկվել է սեպաձև իջեցման:

Հետևապես, ինտենսիվ իջեցում ապրող Գեխիի տեկտոնական եռանկյան ներսուճ երկրաշարժերի հետևանքով առաջացել են վարնետքային ճեղքեր, որոնցով և տեղի է ունեցել էպիկենտրոնների տեղամասի աստիճանական սեպածե իջեցումը:

Այսպիսով, մենք գալիս ենք այն եզրակացության, որ դժբեթաձև բարձրացման զագաթնային մասում հանդիպակաց վարնետքային խզումների առաջացման հետևանքով տեղի ունեցող սեպածե դրաբենային իջվածքի առաջացման պրոցեսը պայմանավորել է Զանգեզուրի 1968 թ. երկրաշարժերի առաջացումը:

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, Ереван, 1962.
3. 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.
4. Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. Изд. «Госгеолтехиздат», М., 1962.
5. Гамбурцев Г. А. Избранные труды по сейсмологии. Изд. АН СССР, М., 1960.
6. Гуюмджян О. П. Об обнаружении пермских отложений в Зангезуре (Армянская ССР). ДАН Арм. ССР, т. 37, № 5, 1963.
7. Додин А. Л. Геологическое строение и рудоносность Зангезурского района (Армения). Труды ВСЕГЕИ, вып. 2, 1941.
8. Мкртчян С. С. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1958.
9. Милановский Е. Е. Новейшая тектоника Армянской ССР и прилегающих районов Закавказья. Геология Армянской ССР, т. 1. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1962.
10. Рустамов М. И. Новые данные о тектоническом строении южного Зангезура. Геотектоника, № 2, 1968.