

УДК 551.24

А. А. ГАБРИЕЛЯН

ОЧЕРК СЕЙСМОТЕКТониКИ КАВКАЗА
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН

Географическое распространение эпицентров землетрясений на поверхности Земли позволяет установить три глобальных сейсмоактивных пояса: 1. Циркум-Тихоокеанский (самый большой пояс), 2. Пояс рифтовых зон, океанических и континентальных (Восточно-Африканская, Саяно-Байкальская, Рейнско-Скандинавская, Кордильерская) и 3. Альпийско-Гималайский. Эти пояса, в общем, соответствуют границам крупных глобальных жестких плит литосферы, существование которых предполагается новой, в настоящее время широко распространенной, гипотезой «тектоника плит».

В геодинамическом отношении первый из указанных поясов представляет современную геосинклинальную область, испытывающую режим, характерный для первой (офиолитовой) стадии развития ортогеосинклиналей с присущими для этого режима показателями: интенсивные, резко дифференцированные тектонические движения большой амплитуды, вулканизм и др.

Рифтовый пояс характеризуется сводообразным воздыманием горных хребтов (срединно-океанических и наземных эпигорогенных, эпикратонных), что сопровождается возникновением в их сводовых частях грабенов, раздвиганием континентальной коры (в среднем 1 см в год) и формированием коры океанического типа (гипотеза спрединга). Альпийско-Гималайский пояс испытывает интенсивное эпигеосинклинальное горообразование, выразившееся в блоковом поднятии складчатых сооружений и опусканий межгорных и внутригорных наложенных впадин.

Армения и Кавказ, в целом, расположены в третьем из указанных сейсмоактивных поясов—в альпийской эпигеосинклинальной орогенной зоне юга Евразии, где интенсивные тектонические движения продолжаются и в настоящую геологическую эпоху. Эти движения обуславливают разрушительные землетрясения, происходившие на территории Кавказа в историческое время (Арагат—1840 г., Двин—893 г., Гарни—1679 г., Ани—1132, 1319 гг., Ахалкалаки—1899 г., Табацкури—1940 г., Шемахи—1192, 1667, 1671, 1859, 1869, 1872, 1902 гг., Махачкала—1970 г. и др.), причинившие огромный материальный ущерб народному хозяйству и стоящие жизни сотни тысяч людей.

Землетрясение—одна из форм проявления новейших и современных тектонических движений, вызванных периодической активизацией эндогенных процессов, происходивших в тектоносфере, охватывающей кору и верхнюю мантию до глубины 700 км. Самый глубокий толчок зафиксирован на глубине 720 км. Более глубокие части Земли, по-видимому, асейсмичны.

Мы пока точно не знаем о конкретных физико-химических и механических процессах, которые происходят на границе коры и верхней мантии Земли и вызывают землетрясения. Точно также остается еще гипотетичным механизм землетрясений, так как очаги сейсмических толчков недоступны для непосредственных наблюдений.

Наши представления о механизме землетрясений основаны лишь на косвенных данных: смещения на поверхности Земли над очагом, поведение образцов пород в лабораторных условиях при высоких давлениях и температуре, характеризующих соответствующие глубины, распространение сейсмических волн и др.

Согласно современным представлениям сейсмологической науки, землетрясения—это особый тип движений, вызывающий упругие деформации, которые на поверхности Земли переходят в различные остаточные деформации.

Большинство сейсмологов считают, что землетрясения тектонического происхождения связаны с освобождением энергии, накопившейся в форме упругого напряжения в горных породах. Освобождение этой энергии сопровождается возникновением разрыва с относительным смещением по обеим сторонам его плоскости. Они происходят в тех случаях, когда в определенных местах земной коры внутренние напряжения нарастают настолько быстро, что уже не могут разрушаться пластичными деформациями пород и образуются разрывы.

Вопрос об источнике энергии, вызывающей сотрясение земной коры, в конечном счете—проблема тектоническая, ибо это та же энергия, которая обуславливает складчатость и метаморфизм, горообразование и магматизм и другие важнейшие геологические процессы, создающие современную форму земной коры.

Землетрясения и тектонические движения, вызванные одним и тем же глубинным физическим процессом, являются поверхностными выражениями последнего и вероятнее всего представляют различные реакции литосферы на возбуждение астеносферы.

Науки о Земле далеки еще от однозначного решения этой проблемы и выдвигают лишь самые различные гипотезы и научные концепции, пытающиеся объяснить сущность тех механических и физико-химических процессов, которые происходят в верхней мантии и нижних слоях коры и вызывают деформацию земной коры.

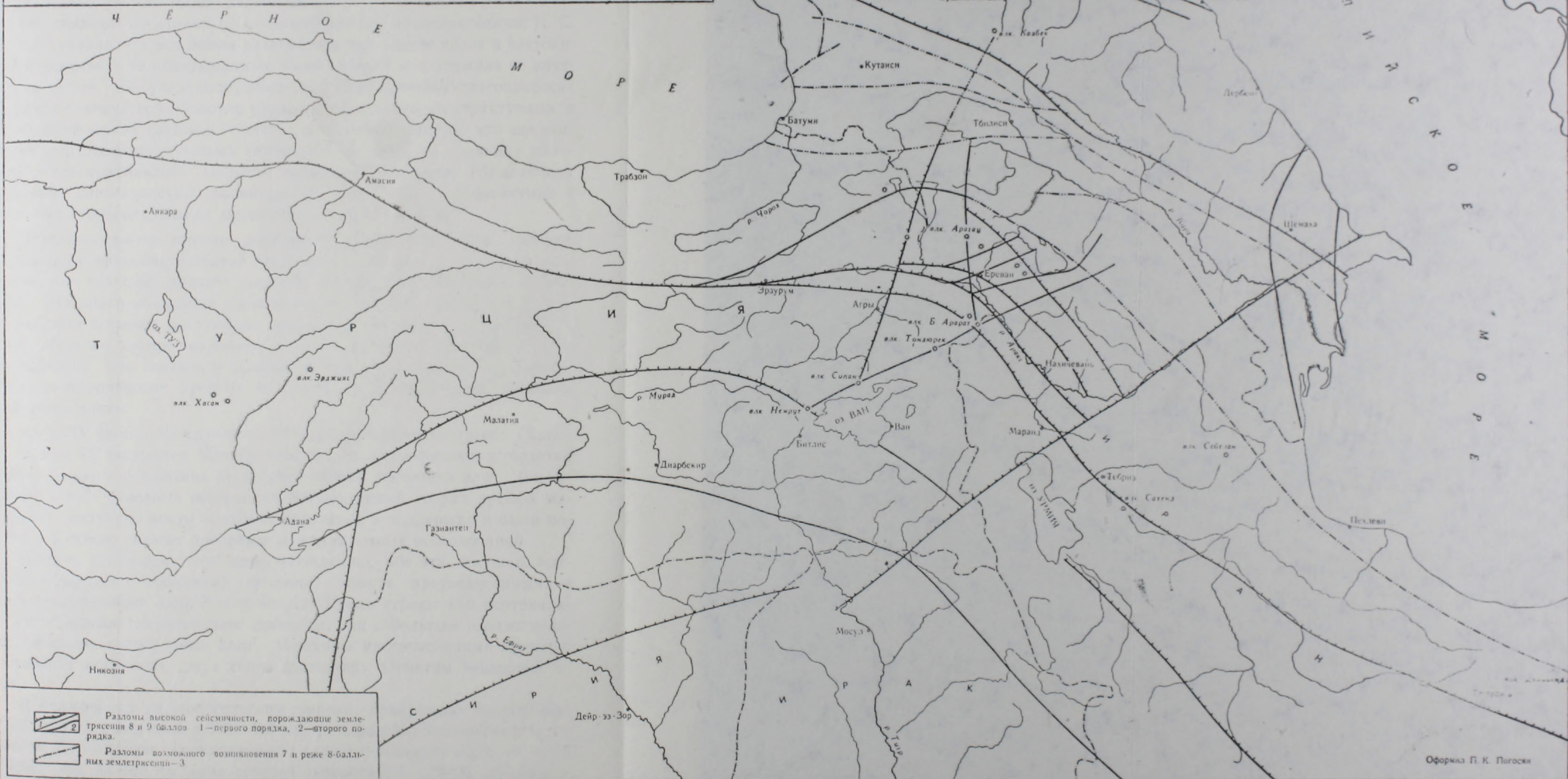
Вполне возможно, что в ряде случаев причины возникновения землетрясений придется искать в процессах, происходящих внутри коры. К ним относятся гравитационное перераспределение вещества в земной коре (соляная тектоника и подобные процессы), преобразования вещества, сопровождающиеся увеличением или уменьшением его объема, т. е. разуплотнением или уплотнением пород и др.

В особой мере это касается землетрясений Кавказа, очаги которых в большинстве случаев расположены в верхней части коры на глубинах порядка 10—15 км.

СХЕМА
 ГЛАВНЕЙШИХ СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ (СЕЙСМОГЕННЫХ ЗОН)
 АРМЕНИИ
 И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ КАВКАЗА, АНАТОЛИИ И ИРАНА

Ереван - 1975 г.

Составил А.А. Габриелян



Оформил П. К. Погоски

Остается еще дискуссионным вопрос о типах тектонических движений. Существуют две крайние точки зрения о характере тектонических движений, обуславливающих деформацию горных пород, формирование геологических структур и мегаформ рельефа земной поверхности.

С одной стороны—это точка зрения «фиксистов», согласно которой основные структурные элементы земной коры—геосинклинальные складчатые области, кратоны и др. характеризовались пространственной устойчивостью в течение, по крайней мере, неогена и их внутренняя тектоническая структура является результатом в основном вертикально направленных тектонических движений.

Основываясь на данных по глубокофокусным землетрясениям, Н. С. Шатский указал, что вся Земля развивается как единое целое и тектоническое поведение ее поверхностных слоев зависит от состояния ее внутренних частей. По указанному исследователю основные тектонические элементы сиалической оболочки нераздельно связаны со структурами и движениями самых глубоких частей симатической мантии, что доказывалось существованием весьма глубоких разломов на границах платформ и геосинклиналей. Наличие подобных разломов, обладающих огромной длительностью развития, по его мнению, несовместимо с большими горизонтальными движениями материков [19].

Противоположное мнение развивает группа мобилистов, которая в создании современного облика структуры и рельефа поверхности Земли большое значение придает горизонтальным тектоническим движениям. Эта новая концепция мобилистов в последнее десятилетие нашла особенно широкое распространение среди геологов и геофизиков в связи с бурным ростом геофизических и, в частности, палеомагнитных исследований дна океанов и новыми данными о строении и развитии срединно-океанических хребтов и рифтовых долин—новая гипотеза «тектоника плит».

На XXIV сессии Международного геологического конгресса (Канада, 1972) и XV ассамблее Международного союза геофизиков и геодезии (1975) главные положения этой новой теории тектоники плит (включающей в себе основные построения Вегенеровской теории дрейфа материков) получили почти всеобщее признание и поддержку и были положены в основу многих программ международных исследований.

Однако, по нашему глубокому убеждению, обе эти научные концепции (фиксизм и мобилизм) являются крайне преувеличенными и что в формировании облика Земли ведущую роль играют как вертикально направленные тектонические движения, так и большие горизонтальные смещения литосферных плит. Известны многочисленные примеры проявления указанных двух типов движений. Отметим некоторые из них.

В Калифорнии, по геологическим данным, прибрежная полоса длиной в 2200 км и шириной в 300—400 км (с шельфом) переместилась по разлому Сан-Андреас (левосторонний сдвиг) с позднего мела, т. е. за 100 млн. лет, на 500 км (при средней скорости 0,5 см/год) на северо-

запад относительно материка Северной Америки. Скорость движения по указанному разлому составляет около 2 см в год. При землетрясении в Сан-Франциско в 1906 г. образовался сбросо-сдвиг, параллельно берегу Тихого океана на протяжении 350 км с перемещением 7 м по горизонтали и 1,3 м по вертикали. Повторная высокоточная нивелировка, проведенная в этом районе, показывает, что, начиная с 1942 г., скорость горизонтального движения вдоль этого разлома в современную эпоху составляет 3—5 см/год. Скорость горизонтального смещения на севере хребта Петра I в Таджикистане по надвигу, отделяющему его от Гиссарского хребта, составляет 2 см/год (по измерениям за 20 лет).

Наличие крупных тектонических покровов (пологие надвиги, шарьяжи) с амплитудой горизонтального смещения масс в несколько десятков км, в настоящее время доказано в разновозрастных складчатых сооружениях материков (Норвегия, Шотландия, Южный Урал, Средняя Азия, Альпы, Карпаты и др.).

Таким образом, приведенные факты не оставляют сомнения в наличии горизонтальных движений в земной коре, которые в отдельных структурно-формационных зонах играли даже доминирующую роль в создании их современного структурного плана.

Наряду с этими данными, имеются и многочисленные другие факты, свидетельствующие о проявлении вертикально направленных колебательных движений земной коры как в геологическом прошлом, так и в современную геологическую эпоху. Они контролируют изменения фаций и мощностей отложений и пространственное расположение главнейших типов формаций осадочных горных пород.

Особенно интенсивно проявились эти движения в неотектоническом этапе истории Земли (неоген-антропоген), обуславливая современные мега- и мезоформы рельефа поверхности Земли.

При катастрофическом землетрясении на Аляске в 1964 г. вертикальные смещения на суше достигли 10 м, а на дне моря—25 м. По радиоуглеродным определениям возраста террас на острове Мидлтон (около Аляски), он был поднят за последние 4500 лет на 40 м. в результате пяти резких смещений амплитудой от 6 до 9 м каждое. По тем же данным, скорость поднятия на Аляске за последние 3—5 тысяч лет составляла около 1 см/год.

На Кавказе пока редки данные о наличии больших покровных структур и горизонтальных смещений. Давно известны небольшие останцы тектонических покровов вдоль границы мегантиклинория Большого Кавказа и Куринской впадины в районах Шемахи, Телави (Баскальский покров), где мезозойские и, в частности, позднемиоценовые отложения Б. Кавказа шарьированы в южном направлении, перекрывая отложения верхнего палеогена и миоцена (майкопской свиты) Куринской впадины.

На территории Армении, в Айоцзорском синклинории у с. Элпин, нами установлен диагональный левосторонний сбросо-сдвиг с падением поверхности сместителя на юго-запад под углом 70—75°. Амплиту-

да горизонтального смещения разлома, косо пересекающего складчатые структуры района около 3—4 км. Вдоль этого разлома вытянута рельефно выраженная дайка андезитовых пород, выветрелые обломки которых встречаются в базальных слоях раннего-среднего олигоцена. Этим фактом датируется нижний предел возраста эллинского разлома. Верхний же предел его возраста определяется тем, что он контролирует миоплиоценовый вулканизм, продукты которого в виде субинтрузии санидиновых трахитов, а также потоков андезитов, андезито-базальтов и различных по составу пирокластолитов развиты лишь к северо-востоку от разлома и почти полностью отсутствуют к юго-западу от него. Можно предполагать также наличие большого разлома—сдвига в Зангезуре, обусловившего отрыв Кафанского тектонического блока от Сомхето-Карабахской зоны и смещение его на запад примерно на 20—25 км.

В различных геотектонических, в частности офиолитовых, поясах широко развиты крутые и пологие надвиги и чешуйчатые структуры, амплитуда горизонтальных смещений в которых, однако, не превышает нескольких километров. Гораздо больше данных имеется в пользу проявления вертикально направленных тектонических движений.

Важнейшими геологическими критериями, контролирующими сейсмичность на Кавказе, как и в других сейсмоактивных зонах, являются новейшие и современные тектонические движения, их амплитуда и характер, глубинные разломы, в частности активные в новейшее время, зоны контрастных сочленений различно построенных тектонических блоков и поперечных дислокаций, возраст главной складчатости доорогенного (донеогенового) основания, перестройка тектонического плана во времени и др.

В отдельных структурно-формационных зонах эти показатели разные, чем и обусловлено их различие в сейсмоактивности. На Кавказе выделяются пять геотектонических зон, являющихся одновременно и крупными мегаформами рельефа—оротектоническими зонами: зона предкавказских краевых прогибов, мегантиклинорий Б. Кавказа, Закавказская (Рионо-Курильская) межгорная впадина, сложнопостроенный комплекс мегантиклинорий и мегасинклинорий Антикавказа (Малого Кавказа) и Среднеараксинская межгорная впадина.

Границами указанных зон служат перманентно действующие разломы глубокого заложения. Таким образом, эти зоны представляют собой крупные блоки земной коры. Указанные продольные оротектонические блоки поперечными разломами и флексурами делятся на блоки второго порядка, тем самым обуславливая сложное, мозаично-блоковое строение рассматриваемой области.

Имеются многочисленные данные о проявлении на Кавказе вертикально направленных тектонических движений, амплитуда и характер которых в различных геотектонических зонах разные. Общая амплитуда новейших поднятий на Б. Кавказе приравнивается к 4—5 км, а по некоторым исследователям—даже больше. Так, В. А. Растворова оце-

нивает величину поднятия для осевой зоны в 6—7 км, среднегорной части—5 км, предгорной—3 км [7]. По новым данным С. И. Дотдугева, амплитуда поднятия Кавказа на орогенной стадии возрастает с запада на восток от 4,5—5 до 10—12 км в меридиане долины Ардони, а далее на восток вновь убывает до 6—7 км. Таким образом, максимальное воздымание приурочено не к центральному сектору, как считалось раньше, а к наиболее суженной части горного сооружения и к его восточной половине, т. е. к зоне, испытавшей наиболее глубокие погружения в геосинклинальной стадии. Все исследователи отмечают резко дифференцированный, блоковый характер новейших (неоген-антропоген) тектонических движений на Кавказе.

По А. Л. Цагарели, возраст современного рельефа Кавказа, как и Гималаев и Иранского нагорья, не древнее верхнего плиоцена, что подтверждается также палеонтологическими данными [18].

По Л. К. Габуния, акчагыльская фауна млекопитающих Кавказа представлена комплексом саванны, родственным современной Индийской и Южноафриканской фауне, распространение которой исключает наличие современных горных барьеров.

Приведенные новые регионально-геологические и палеонтологические данные подтверждают давно высказанную точку зрения Л. А. Варданянца, согласно которой современный рельеф Кавказа формировался в основном в четвертичном периоде на глазах у первобытного человека [4]. Несколько меньшей амплитудой характеризовались новейшие тектонические явления на Антикавказе. Суммарная средняя амплитуда поднятий в орогенном этапе (олигоцен-антропоген) здесь составляет порядка 3,5—4 км, в постсарматское время—около 2 км, и в четвертичном периоде—примерно 1,5 км. В раннеорогенную стадию развития Кавказа (олигоцен-миоцен) самые интенсивные движения имели место в позднем олигоцене—раннем миоцене, которые обусловили формирование Среднеараксинской и Рионо-Куринской межгорных впадин в своих современных контурах и накопление красноцветных и пестроцветных моласс по всему Средиземному орогеническому поясу юга Евразии. Фауна дрейссенид, встречающаяся в верхнеплиоценовых пресноводно-озерных отложениях бассейна оз. Севан, залегающих на отметках около 2.000 м над уровнем моря, по всем палеобиологическим данным, могла обитать в водоемах, высотная отметка которых едва лишь превышала уровень акчагыль-апшеронского моря на 400—500 м.

На Антикавказе, как и на Б. Кавказе, эти движения имели резко дифференциальный характер. Наибольшее воздымание испытывала его центральная, водораздельная часть, а районы, примыкающие к Куринской и Араксинской впадинам, испытывали поднятия с меньшей амплитудой. Гипсометрическая отметка ниже-среднечетвертичных озерных отложений в Араратской котловине и Ленинанканской впадине равна соответственно 800 и 1500 метрам. Это свидетельствует о дифференциальном характере движений, происходивших после среднего антропогена с разницей в амплитуде порядка 700 м.

Дифференцированностью и контрастностью характеризуются и современные тектонические движения на Кавказе, установленные на основании повторных нивелировок высокого класса. При этом наблюдается прямое соответствие между основными геотектоническими зонами и характером проявления современных тектонических движений. Так, наибольшая скорость этих движений наблюдается в пределах горного сооружения Б. Кавказа $+12,7$ мм/год, а в Рионо-Куринской впадине — $-6,2$ до $+8$ мм/год. Даже на небольших расстояниях в пределах одной и той же геотектонической зоны наблюдается разница в знаках и амплитуде движений. В Среднеараксинской впадине, в районе ст. Аракс, скорость поднятия составляет $3,5$ мм/г, а у ст. Кармрашен, находящейся всего на расстоянии $15-20$ км от указанного района, равна $6,5$ мм/год. В соответствии с поперечной асимметрией Кавказа, выраженной в амплитудах новейших движений, сейсмичность также различна в его восточной и западной частях.

Анализ сейсмостатистических данных показывает, что Кавказ по сейсмоактивности делится на две части: на более активную—Восточный Кавказ и менее активную—Западный.

Особо важную роль в проявлении сейсмичности играют разломы глубокого заложения и длительного развития—тектонические швы, которые обычно разграничивают различно построенные геотектонические блоки (межблоковые) и расчленяют последние на более мелкие блоки или структурно-формационные зоны второго порядка (внутриблоковые). Подавляющее большинство этих разломов, являясь структурами раннеальпийского ($I-K_1$) заложения, продолжают активно действовать в современную геологическую эпоху и отчетливо выражены в рельефе. По простиранию разломы эти делятся на две группы. Продольные (широтного и северо-западного или кавказского направления), расчленяющие Кавказ на продольные ортотектонические сегменты, и поперечные (близмеридиональные и северо-восточные). Последние сравнительно более молодые и контролируют проявление орогенного вулканизма. Из продольных разломов на Б. Кавказе наиболее крупной, к которой приурочены очаги сильных землетрясений, является Тырнаузская шовная зона, разграничивающая южную часть Предкавказской эпигерцинской плиты (Лабино-Малкинская моноклиналичная зона) от геосинклинали Б. Кавказа.

По-видимому, восточным продолжением этой шовной зоны являются парные межзональные глубинные разломы, тянущиеся от района гор. Баксан на западе через гор. гор. Грозный (южный разлом) и Гудермес (северный разлом) к Каспийскому морю—Терская и Сунженская надразломные антиклинальные складки, отчетливо выраженные в рельефе в виде одноименных хребтов. Показательно, что на указанных антиклинальных поднятиях, сложенных породами неогена, обнаружены также четвертичные морские отложения. Этот факт свидетельствует о том, что интенсивные тектонические движения по указанным разломам

продолжаются и в современную геологическую эпоху. С ними связана Дагестанская группа очагов землетрясений (Махачкала и др.).

Другая крупная сейсмоактивная зона разломов разграничивает мегантиклинорий Б. Кавказа от Рионо-Куринской впадины. Она тянется от районов гор. Гагра и Сухуми по побережью Черного моря на восток (Кахетино-Лечхумская шовная зона) и по южному борту Б. Кавказа и северному борту Алазан-Агричайской впадины прослеживается на юго-восток к акватории Каспийского моря. К этому разлому приурочены группы сильных землетрясений в районах Закаталы, Нухи, Варташена, Шемахи.

Парные межблоковые глубинные разломы широтного простирания ограничивают Аджаро-Триалетскую складчатую зону с севера и юга и, по новым данным И. П. Гамкрелидзе и др., прослеживаются на запад под акваторией Черного моря. Здесь они оконтуривают центральную глубоководную часть последнего, отличающуюся субокеаническим типом коры [12].

Другой продольный сейсмоактивный разлом прослеживается по южному борту Куринской впадины от р. Аракс на юго-востоке и до Сомхетской глыбы на северо-западе и разграничивает последнюю от расположенного южнее складчатого комплекса Антикавказа. Вдоль этого разлома расположены сейсмические очаги Кировабада и др. На Антикавказе выделяются три продольных сейсмоактивных разлома—Севано-Амасийский, Анкавано-Зангезурский и Араксинский, вдоль которых расположены очаги наиболее сильных землетрясений (Зангезур, Ленинанкан, Гарни, Арташат и др.). Из сейсмогенных дислокаций (разломов и поднятий) поперечного или Антикавказского простирания, наиболее крупной является Транскавказская. Она состоит из ряда кулисообразно сочленяющихся разломов и поднятий и контролирует новейший вулканизм Карсского, Ахалкалакского, Арагацкого вулканических нагорий, района Казбека, миоплиоценовые экструзии района Минеральных вод, термо-минеральные источники и рудопроявления на Северном Кавказе, а также сейсмичность указанных областей. На севере эта зона через надразломные поднятия в пределах Ергенинского плато сочленяется с Волгоградской зоной разломов (флексур) и далее переходит в Вятский вал и байкальский авлакоген Тимана—крупнейшая дизъюнктивная структура Восточноевропейской платформы.

На восточном Кавказе выделяется меридиональная сейсмоактивная зона, тянущаяся вдоль западного побережья Каспийского моря от гор. Баку и до гор. Махачкалы, а в области западного Кавказа—Тебердино-Чегемский, Мегрельский и др. поперечные разломы, к которым приурочены эпицентры многих сильных землетрясений.

Наиболее сейсмоактивны участки, расположенные на пересечениях разломов кавказского и антикавказского направлений (Ани, Ленинанкан, Махачкала, Ахалкалаки и др.). Велика роль перестройки тектонического плана в проявлении сейсмичности. Так, эпигерцинская плита Северного Кавказа и северный склон Антикавказа (Алаверди-Берд-

ская неотектоническая моноклираль), которые характеризуются в основном унаследованным типом структурного развития в альпийском тектоническом периоде, менее сейсмоактивны (5—6 баллов). Им противопоставляются Б. Кавказ и Центральная и Приараксинская зоны Антикавказа, которые отличаются инверсионным типом структурной эволюции и претерпели неоднократные перестройки в плане расположения структурно-формационных зон в течение альпийского геосинклинального периода развития и характеризуются высокой сейсмоактивностью.

Восточная половина складчатой зоны Б. Кавказа в альпийском геосинклинальном периоде испытывала наиболее интенсивное погружение, а в орогенной стадии—наиболее интенсивное поднятие. О более высокой сейсмоактивности этой части Кавказа, по сравнению с западной, говорилось выше.

Большой сейсмоактивностью характеризуются зоны проявления контрастных движений и разломов, которые разграничивают тектонические блоки, движущиеся в противоположных направлениях. К ним относятся сейсмоактивные зоны по северному борту Алазано-Агричайской впадины (Нухи, Шемаха), Баку-Махачкалинская сейсмическая полоса, которая тянется по границе поднятия Б. Кавказа и Каспийской меридиональной зоны опускания и др.

С этой точки зрения заслуживает внимания тот факт, что акватории Черного и Каспийского морей, представляющие в плане новейшей тектоники громадные области опускания, эквивалентные по амплитуде движений Транскавказской зоне поднятия, характеризуются слабой сейсмичностью. Этот факт, по-видимому, свидетельствует о том, что движения положительного знака (дифференцированного типа) более сейсмогенные, чем движения отрицательного знака. Можно полагать, что при поднятиях происходит разуплотнение (нарушение сплошности) масс, и появляются разрывы, что способствует возникновению землетрясений. При отрицательных тектонических движениях картина обратная.

Инструментальные данные о глубинах очагов землетрясений Кавказа свидетельствует о том, что все они расположены внутри земной коры (коровые), преимущественно в ее верхней части (10—15 км), за исключением Каспийского землетрясения 1935 года, глубина очага которого была 150 км. Следует отметить, что коровый тип очагов землетрясений свойственен не только Кавказу, но и всем областям земной коры, характеризующимся орогенным режимом развития.

Интенсивность сотрясений на Кавказе не превышает 8—9 баллов, а уровень максимальной энергии зарегистрированных землетрясений составляет $M=6\frac{1}{2}$ — $6\frac{3}{4}$ (Чхалтинское—1963 г., Дагестанское—1970 г., Зангезурское—1931 г. и др.).

Землетрясения с более высокой энергией ($M>6\frac{3}{4}$) зарегистрированы в Турции и Иране.

Для выяснения вопросов, касающихся закономерностей пространственного распространения очагов землетрясений и выделения сейсмо-

генных зон, первостепенное значение приобретают геофизические данные. Из всех геофизических методов, используемых с целью изучения глубинного строения земной коры, для сейсмогеологии наибольшее значение имеют глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ) и гравиметрия [6].

Однако следует отметить, что данные ГСЗ, являющиеся особенно ценными, по Кавказу весьма скромные, так как на его территории проведено очень небольшое количество профилей. Поэтому при выяснении глубинного строения различных районов Кавказа были использованы преимущественно материалы гравиметрических исследований.

Сопоставление гравитационного поля Δg с новейшими структурами и рельефом выявляет обратное соотношение между мегаформами рельефа и поверхностью Мохоровичича (М). Так, Азово-Кубанская, Терекско-Каспийская передовые прогибы, а также Рионская и Куринская межгорные впадины характеризуются поднятиями, а мегантиклинорий Б. Кавказа—региональным прогибом поверхности М. Средняя мощность земной коры на первых составляет 40—45 км, а на втором—до 60 км, т. е. амплитуда прогибания М достигает 20 км. При этом увеличение мощности земной коры на Б. Кавказе происходит, главным образом, за счет возрастания мощности «базальтового слоя» (40 км).

Сопоставление данных по гравиметрии с сейсмичностью позволяет наметить определенную связь между ними. Так, по Р. Ф. Володарскому и др. [6], Предкавказская эпигерцинская плита имеет сравнительно спокойное, монотонно изменяющееся поле Δg и практически малосейсмична. Напротив, Кавказ (как Большой, так и Малый), имеющий сложно дифференцированное мозаичное поле со значительными аномалиями, характеризуется высокой (6—9 баллов) сейсмоактивностью. Показательно, что Транскавказская зона поперечных поднятий и разломов, секущая эти два различно построенных тектонических блока, сейсмоактивна, в основном, в пределах Кавказа. Анализ гравитационного поля как на Б. Кавказе, так и на Антикавказе четко показывает, что они имеют блоковое строение. На Б. Кавказе выделяются Западно-Кавказский, Центрально-Кавказский, Восточно-Кавказский (Дагестанский), Осетинский и др. крупные блоки, а на Антикавказе—Северо-Восточный, Центрально-Армянский и Приараксинский мегаблоки, которые характеризуются интенсивными региональными аномалиями.

Границы этих блоков, являющиеся разломами глубинного заложения, выражены в виде гравитационных уступов и зон больших градиентов силы тяжести. К ним приурочены очаги наиболее сильных землетрясений.

Высокосейсмоактивными областям соответствуют, по В. И. Буне и др. (1971), положительные изостатистические аномалии с интенсивностью более 70 мгл.

Вопросы сейсмогеологии Турции—одного из самых сейсмоактивных районов нашей планеты, освещены в трудах многочисленных турецких и западноевропейских геологов, в частности, Н. Эгерана и Т. Лана

(1971), Е. Лана (1971), Н. Пинара (1967), И. Кетина (1967) и особенно подробно в коллективном труде, посвященном региональной геологии и истории Турции [21]. Краткие сведения о землетрясениях Турции имеются также в недавно опубликованной монографии Р. Бринкманна [22]. По Ирану следует отметить работы А. Зиберга (1931 — 1932), Дж. Штеклина (1967), А. Гансера [23] и др. [24, 25].

В 1952 г. Н. Пинар и Е. Лан составили каталог 750 сильных землетрясений, происшедших на территории Турции, начиная с первого века нашего времени, а в 1967 г. проф. Е. Ерджин составил каталог 1680 землетрясений.

Анализ данных, касающихся историко-геологического развития территории Анатолии, и сопоставление их с сейсмостатическими данными, относящимися к землетрясениям, происходившим за последние два тысячелетия, позволяют выделить три крупные сейсмоактивные зоны: Западноанатолийскую меридиональную зону вдоль восточного побережья Средиземного и Эгейского морей, Североанатолийскую, которая тянется с запада на восток от гор. Измита на Мраморном море, через гор. гор. Эрзинджан, Эрзерум, Кагызман, Араратскую долину до гор. гор. Тебриз и Тегеран в Иране на расстоянии более чем 2500 км. Третья сейсмическая зона прослеживается от района Аданасской впадины у Средиземного моря через районы Малатия, бассейн р. Мурат и гор. Битлис, оз. Ван на юго-восток к районам гор. гор. Ханадана и Исфахана в юго-восточном Иране. Юго-западным продолжением этой зоны является сильно сейсмоактивная зона Сирии, тянущаяся вдоль восточного побережья Средиземного моря (Сирийско-Аравийский грабен). Последние две из указанных сейсмоактивных зон совпадают с известными поясами офиолитовой ассоциации пород и цветного меланжа и представляют зоны глубинных разломов со всеми характерными для них структурными, формационными, геоморфологическими и геофизическими показателями. К ним приурочены все катастрофические землетрясения (8 и более баллов), происходившие на территории Турции: в Эрзинджане (1045, 1268, 1939 гг.), Измире (668, 1458, 1929 гг.), Киршехире (1938 г.), Ване (1945 г.), Малатии (1964 г.), Гедизе (1970 г.) и др. Указанные продольные сейсмогенные офиолитовые зоны разграничивают центральную Анатолию («Анатолиды») от расположенных к северу и югу складчатых зон Понтид и Таврид.

Анатолиды имеют более сложное геологическое строение и состоят из различного типа жестких массивов и ранее консолидированных ядер антиклинорных сооружений и межгорных и внутригорных впадин и грабен, заполненных неоген-антропогенными морскими и континентальными молассами.

Последние в неотектоническом этапе испытывали резко дифференцированные и контрастные движения, с чем, вероятно, и связана более высокая сейсмоактивность Анатолид по сравнению с Понтидами и Тавридами.

Р. Бринкманн на территории Турции выделяет шесть сейсмоактивных зон, которые в основном соответствуют важнейшим тектоническим линиям страны [22]. Первая, Североанатолийская, самая сейсмоактивная, с магнитудой $M=8,1$, совпадающая с одноименной зоной офиолитовой ассоциации пород и цветного меланжа, альпийского метаморфизма и милонитизации. Вдоль нее тянется цепь поперечных долин, озер, минеральных источников и имели место излияния базальтовых лав—просадочные тектоно-вулканические депрессии.

На востоке эта зона делится на две ветви, из коих северная прослеживается в долину р. Аракс, а южная—к оз. Ван.

Вторая, Центральноеанатолийско-Ванская, которая на востоке прослеживается на территории Ирана, представляет собой правосторонний сдвиг. Третья—Восточноанатолийская или Бингельская, в структурном отношении выражена в виде левостороннего сдвига с амплитудой смещения 15—25 км (за третичный и четвертичный периоды).

Четвертая, Гатайская сейсмическая зона в южной Анатолии также представляет левосторонний сдвиг и прослеживается на юг в рифтовую зону Сирии, Иордании и Красного моря. Пятая, Западноанатольская зона прослеживается вдоль Средиземного, Мраморного и Эгейского морей, а шестая—через Западные Тавры.

Очаги большинства землетрясений в Турции, как и на Кавказе, приурочены к верхней части земной коры в пределах 10—30 км. Детальный анализ сейсмостатистических данных показывает, что в пределах указанных сейсмоактивных зон наиболее сильные землетрясения, локализованы, как и на Кавказе, в поперечных поднятиях и узлах пересечений продольных и поперечных разломов [21, 22].

Ереванский государственный университет

Поступила 7.VI.1977.

Ա. Հ. ԴԱՐՐԻԱՅԱՆ

ԿՈՎԿԱՍԻ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ ԵՐԿՐՆԵՐԻ ՍԵՅՍՄՈՏԵԿՏՈՆԻԿ ԱԿՆԱՐԿ

Ա. մ փ ո փ ո լ մ

Կովկասը գտնվում է Եվրասիայի հարավի էպիգենոսինկլինալային օրոգեն գոտում, որտեղ դիֆերենցիալ բնույթի ուղղաձիգ տեկտոնիկ շարժումներն այժմ էլ տեղի են ունենում մեծ ուժգնությամբ և բազմաթիվ կործանիչ երկրաշարժերի պատճառ են համարվում:

Երկրաշարժերի էպիկենտրոնների աշխարհագրական բաշխումը ցույց է տալիս, որ նրանք դասավորված են խոշոր, պերմանենտ դործող բեկվածքների երկայնությամբ. վերջիններս սովորաբար սահմանադառնում են տեկտոնական զոնաները և վերահսկում են ապարների ֆորմացիաները, նրանց հզորությունները, մագմատիզմը և ներծին հանքայնացումը: Նման բեկվածքների մի շարք հյուսիսից՝ Տըրնիաուզ—Փշեկիշի և հարավից՝ Գազրա—Լեշխումի —Կախեթի —Զաքաթալա —Նուխի —Շամախա —Ապշերոնյան թերա-

կըղզի, սահմանափակում է Մեծ Կովկասի մեգաանտիկլինորիումը: Նշված բեկվածքներից առաջինը անջատում է Մեծ Կովկասի ծալքավոր զոնան Սկյութական էպիհերցինյան սալից, իսկ երկրորդը՝ Ռիոնի-Քուռի միջլեռնային իջվածքից:

Սեյսմոակտիվ բեկվածքների մյուս զույգը սահմանափակում է Աջարա-Թրիալեթի ծալքավոր զոնան հյուսիսից և հարավից:

Անդրկովկասում սեյսմոակտիվությունը վերահսկում են Սևան-Ամասիայի, Հանքավան-Ջանգեզուրի և Արաքսի բեկվածքները:

Մեծ սեյսմոակտիվությամբ են բնորոշվում հակակովկասյան տարածում ունեցող բեկվածքները. դրանցից արժանի է հիշատակման Տրանսկովկասյան բեկվածքը, որը ձգվում է վանա լճից դեպի հյուսիս և Ախալքալաքի հրաբխային սարահարթով ու Ջիրուլայի դանգվածով մինչև Ստավրոպոլի անտեկլիզան. ենթադրվում է, որ այդ բեկվածքը դեպի հյուսիս տարածվում է մինչև Տիման: Հատկապես սեյսմոակտիվ են կովկասյան և հակակովկասյան տարածում ունեցող բեկվածքների հատույթները:

Թուրքիայի և Իրանի ավերիչ երկրաշարժերը գտնվում են Իզմիթ—Երզնկա — էրզրում — Կաղզվան — Արարատյան գոգավորություն — Թավրիզ — Թեհրան բեկվածքի վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Сейсмотектоника. В кн.: «Геология СССР», т. XLIII, Армянская ССР, «Недра», М., 1970.
2. Бюс Е. И., Цхакая А. Д., Рубинштейн М. М. Сейсмичность Грузии. В кн.: «Сейсмическое районирование СССР», «Наука», М., 1968.
3. Варданянц Л. А. Сейсмотектоника Кавказа. Тр. Сейсм. ин-та АН СССР, № 64, 1935.
4. Варданянц Л. А. Постплиоценовая история Кавказско-Черноморско-Каспийской области. Изд-во АН Арм. ССР, 1948.
5. Варданянц Л. А. Тектоническая карта Кавказа в масштабе 1:1.000.000. Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 10, Л., 1955.
6. Володарский Р. Ф. и др. Глубинное строение территории Предкавказья и Большого Кавказа по геофизическим данным. В кн. «Сейсмотектоника альпийского складчатого пояса юга СССР и некоторых сопредельных территорий». М., 1974.
7. Введенская Н. А., Растворова В. А. Новейшая структура и сейсмичность Большого Кавказа. В кн.: «Сейсмотектоника альпийского складчатого пояса юга СССР и некоторых сопредельных территорий», М., 1974.
8. Габриелян А. А. Новейшая тектоника и сейсмичность Армянской ССР и смежных частей Антикавказа. Известия АН Арм. ССР, геол.-геогр. науки, т. XVI, № 4—5, 1963.
9. Габриелян А. А. Геологические критерии сейсмичности и задачи сейсмотектонических исследований в Армении. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XXV, № 4, 1972.
10. Габриелян А. А., Пирузян С. А. Сейсмотектоническая схема Армении и сопредельных частей Антикавказа. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XXV, № 4, 1972.
11. Габриелян А. А., Пирузян С. А., Симонян Г. П. Новая схема сейсмического районирования территорий Армянской ССР. ДАН Арм. ССР, т. LXIII, № 3, 1976.
12. Гамкрелидзе П. Д., Габриелян А. А., Муратов М. В., Хаин В. Е., Асланян А. Т., Шихалибейли Э. Ш. и др. Тектоническая карта Кавказа. М. 1:10000000, Тбилиси, 1974.

13. Кулиев Ф. Т., Рагимов Ш. С., Ахмедбейли Ф. С. Сейсмичность Азербайджана. В кн.: «Сейсмическое районирование СССР», «Наука», М., 1968.
14. Паффенгольц К. Н. Сейсмотектоника Армении и прилегающих частей Малого Кавказа. Изд. АН Арм. ССР Ереван, 1947.
15. Предсказание землетрясений. «Мир», М., 1968.
16. Симонян Г. П. Сейсмотектоника Среднеараксинского межгорного прогиба. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XXV, № 4, 1972.
17. Симонян Г. П. Сейсмогенные зоны юго-восточной Армении. В кн.: «Сейсмотектоника некоторых районов юга СССР». «Наука», М., 1976.
18. Цагарели А. Л. Некоторые проблемы неотектоники Кавказа. Тезисы докладов научной сессии, посвященной 50-летию Геолог. ин-та АН ГССР. Тбилиси, 1976.
19. Шатский Н. С. Гипотеза Вегенера и геосинклинали. Известия АН СССР, сер. геол., № 4, 1956.
20. Штеклин Дж. Тектоника Ирана. «Геотектоника», № 1, 1966.
21. Geology and History of Turkey. Tripoly, Libya, 1971.
22. Brinkmann R. Geology of Turkey. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1976.
23. Ganzer A. The large Earthquakes of Iran and their geological frame. Eclog. Geol. Helvetiae, v. 62, № 2, 1969.
24. Tchaleno I. S., Ambraseys N. N. Structural Analysis of the Dasht-e Bayaz (Iran) Earthquake Fractures. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 81, № 1, 1970.
25. Wellman N. W. Active wrench faults of Iran, Afganistan and Pakistan. Geol. Rundschau, B. 55, № 3, 1966.
26. Nowroozi A. A. Seismotectonics of the persian plateau, Eastern Turkey, Caucasus and Hindu-Kush regions. Bull. Seism. Soc. Amer., v. 61, № 2, 1971.