

УДК 551.24.550.34

А. А. ГАБРИЕЛЯН

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ СЕЙСМИЧНОСТИ И ЗАДАЧИ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРМЕНИИ

На территории СССР выделяются три генетически различные сейсмоактивные зоны: а) Курило-Камчатская (Тихоокеанская) сейсмическая зона, расположенная на границе двух различно построенных геотектонических мегаблоков земной коры—Азиатского материка с континентальным типом коры и дна Тихого океана с океаническим типом строения коры; б) Эпиплатформенная (или возрожденная) орогеническая зона, охватывающая Среднюю Азию, Тянь-Шань, Прибайкальскую рифтовую систему; в) Альпийская элигеосинклинальная орогеническая зона юга Евразии, в состав которой входят Армения и Кавказ в целом.

Во всех указанных сейсмоактивных зонах интенсивные тектонические движения (преимущественно горообразовательные) продолжаются и в настоящее время, вызывая время от времени землетрясения, порой катастрофические, причиняющие огромный ущерб народному хозяйству, разрушая города и уничтожая веками созданные материальные ценности.

Наука в настоящее время еще не располагает методами прогнозирования времени возникновения землетрясений, и их так же, как и другие грозные явления природы, невозможно предотвратить. Однако, геолого-геофизическими, сейсмологическими и инженерно-сейсмологическими комплексными методами исследований можно со значительной точностью определить силу землетрясений, могущих возникнуть в отдельных районах. А это, разумеется, имеет огромное практическое значение для перспективного планирования и экономически обоснованного ведения сейсмостойкого строительства.

### *Геологические факторы, контролирующие землетрясения*

Истинные причины землетрясений, как и многих других важнейших геологических процессов—тектогенеза, магмообразования и др., нам еще не известны. Они обусловлены физико-химическими и механическими процессами, которые происходят в нижних горизонтах земной коры и в верхней мантии и недоступны современным методам исследований.

Однако геологические факторы, которые контролируют проявления землетрясений на поверхности земной коры и обуславливают их разную интенсивность в отдельных районах, более или менее известны.

Новейшие тектонические движения являются самым важным фактором, контролирующим проявление сейсмичности, ибо землетрясение—одна из форм проявления новейших и современных движений земной коры. В течение всего неотектонического этапа (неоген-антропоген) большая часть территории Армении и Антикавказа в целом испытывала поднятие, средняя суммарная амплитуда которого составляет ~ 2000 м. Приараксинская зона, напротив, вовлекалась в значительное прогибание, обусловившее накопление морских и лагунных отложений в миоцене, мощностью в среднем ~ 3000 м. В плиоцене и антропогене новейшие тектонические движения в этой зоне характеризовались неоднократным изменением направления знака движений, и поэтому отложения этого возраста представлены неполными разрезами, частыми перерывами и сравнительно небольшими мощностями.

Интенсивность проявления сейсмичности в значительной степени обусловлена характером новейших тектонических движений; гораздо более сейсмоопасен дифференцированный и контрастный тип движений. Чем больше изменения по простиранию знака и скорости новейших и современных движений, тем выше сейсмическая активность.

Наиболее дифференцированно и контрастно новейшие движения имели место в Севано-Акеринской и Приараксинской зонах, характеризующихся развитием в их пределах семи- и восьмибалльных землетрясений. Северо-восточный склон Антикавказа в противоположность указанным зонам, сравнительно менее сейсмоактивен, одна из причин которого заключается в сравнительно менее дифференцированном характере движений неотектонического этапа.

Существенным фактором, определяющим различие в сейсмоактивности отдельных участков, является взаимоотношение новейших движений и созданных ими структур с движениями и структурами донеогенового этапа.

Более сейсмоопасны районы, в которых новейшие движения по своему направлению не совпадают с древними, развиваются по иному плану, и новейшие структуры (пликативные и разрывные) являются наложенными по отношению к древним, донеогеновым формам, обуславливая инверсионные формы рельефа (Севано-Акеринская зона). Напротив, в тех случаях, когда новейшие движения наследуют древние, и современные поднятия и опускания, в прямой форме отраженные в рельефе (горные хребты и речные долины), представляют донеогеновые антиклинальные и синклинальные формы, сейсмоактивность сравнительно меньше (Сомхето-Карабахская, Веди-Вайкская зоны).

С типами и характером новейших движений тесно связано и проявление молодого вулканизма.

Более интенсивно развивается вулканизм в районах, характеризующихся дифференцированностью и высокой контрастностью новейших тектонических движений (Севано-Акеринская и Приараксинская зоны). В Сомхето-Карабахской зоне Антикавказа неоген-антропогеновый вул-

канизм почти полностью отсутствует, что, вероятно, связано с менее интенсивным и монотонным характером проявления новейших движений.

Геологическое строение донеогенового основания и в первую очередь возраст складчатости и консолидации—вторая группа факторов, контролирующих землетрясения. Чем моложе данная территория по возрасту складчатости и консолидации<sup>1</sup>, тем интенсивнее проявляются новейшие тектонические движения и обусловленная ими сейсмичность, и наоборот. Эта закономерность является общей для всей поверхности земли.

Наиболее инертны в сейсмическом отношении древние (докембрийские) платформы, а наиболее сейсмоактивные районы расположены в альпийском складчатом поясе. Палеозойские складчатые области и молодые (эпигерцинские) платформы занимают в этом отношении промежуточное положение. Эта закономерность наблюдается даже на такой небольшой территории, как Армения.

Сравнительно менее сейсмоактивна зона раннеальпийской (киммерийской) складчатости северо-восточного склона Антикавказа (6—7 баллов). Эпицентры землетрясений с более высокой (7—8) балльностью приурочены к Севано-Акеринской и Приараксинской зонам, в которых наиболее интенсивные складкообразовательные движения происходили несколько позже, в конце палеогена и в неогене.

Хотя новейшие тектонические движения не ограничивались территорией, охваченной альпийской складчатостью (Средиземноморский и Тихоокеанский пояса), и проявлялись по всей поверхности земли, обуславливая формирование мегаформы современного рельефа континентов и океанов, они имели различную интенсивность в разновозрастных складчатых областях. Наиболее интенсивно и дифференцированно они происходят в альпидах, и наоборот, наиболее слабо—в древних платформах. Исключение составляют эпиплатформенные орогенические зоны Средней Азии и Байкальская рифтовая зона, которые по сейсмоактивности не уступают альпидам, а порой и превосходят последние. Распространение эффузивного вулканизма неоген-четвертичного времени тесно связано с указанной закономерностью проявления неотектоники—мощное развитие его в Севано-Акеринской и Араксинской зонах и почти полное отсутствие в Сомхето-Кафанской зоне раннеальпийской консолидации.

Следующим контролирующим фактором сейсмичности являются крупные, в частности, глубинные разломы и в особенности те из них, которые продолжают «жить» в современную геологическую эпоху (ныне живущие разломы).

Важнейшая роль региональных разломов в проявлении сейсмичности в настоящее время доказана во всех сейсмоактивных зонах по-

---

<sup>1</sup> Под возрастом складчатости и консолидации мы понимаем время последней, наиболее интенсивной, геосинклинальной складчатости, обусловившей формирование современной структуры данной территории, внедрение гранитоидов и региональный метаморфизм.

верхности земли. Анализ карты распространения эпицентров землетрясений на территории Армении, составленной на основании сейсмостатистических и инструментальных данных, отчетливо показывает приуроченность большинства из них к зонам разломов и к отдельным разломам, установленным геологическими и геофизическими данными.

Наиболее крупными и региональными разломами глубокого заложения общекавказского простирания на территории Армении являются Севано-Акеринский и Анкавано-Зангезурский. Первый из них контролирует формации ультрабазитов (офиолитовый пояс Антикавказа), интенсивную складчатость и метаморфизм верхнемеловых и палеогеновых отложений северного борта Севано-Акеринского синклинория и является одной из ветвей Северо-Анатолийской зоны разломов и контролирующей ее ультрабазитов.

Анкавано-Зангезурский разлом представляет классический пример зоны длительно развивающегося (J—Q) глубинного разлома, шириной ~15 км. Это—зона дробления, смятия и изоклиальной складчатости верхнепалеозойских, мезозойских и палеогеновых вулканогенно-осадочных образований, которые динамометаморфизованы, милонитизированы, раскливажированы. Это—типичная зона проницаемости, контролирующая альпийский (юра-антропоген) магматизм и эндогенную минерализацию. Она обуславливает также современный сильно пересеченный рельеф южного Зангезура и направление основной речной сети. Вдоль этой зоны разломов расположены многочисленные выходы минеральных и термальных источников и эпицентры землетрясений.

Среди разрывных нарушений кавказского простирания в этой зоне наиболее крупными являются Дебаклинский (в западной части), Хустуи-Гиратахский, ограничивающий зону разлома с востока, и Гехи-Дастакертский, тянущийся по середине зоны. Развиты также многочисленные разрывные нарушения широтного и антикавказского простирания, которые, накладываясь на разрывы общекавказского простирания, расчленяют рассматриваемую зону на отдельные, различно построенные сегменты, придавая ей мозаично-блоковый характер.

В бассейне р. Воротан зона эта скрывается под мощным чехлом плиоцен-четвертичных эффузивных образований. Ее северо-западным продолжением следует считать Анкаванскую зону разломов, которая по своему геологическому строению, развитию магматизма и металлогеническим особенностям очень сходна с Зангезуром.

Долина реки Мармарик приурочена к этой зоне дробления, вдоль которой расположены эпицентры землетрясений и выходы термо-минеральных источников.

Другая зона разрывных нарушений (по-видимому, менее глубокого заложения) установлена в Среднеараксинской впадине, где она обуславливает различие в фациях и мощностях кайнозойских отложений отдельных прогибов, разделенных разломами, и контролирует минеральные источники и эпицентры землетрясений.

Следующим важным фактором, определяющим сейсмоактивность отдельных районов, являются зоны поперечных поднятий и разломов. Они под значительным углом секут структуры кавказского простирания и тем самым обуславливают блоковое строение Антикавказа. Роль поперечных (антикавказских) дислокаций в геологическом строении Кавказа в проявлении сейсмичности отмечена в работах многих исследователей, но особенно подробно—в труде М. А. Кашкай и Г. П. Тамразяна<sup>1</sup>.

На Ахалкалакском вулканическом плато, в Спитакском, Кироваканском, Разданском районах Армянской ССР эпицентры землетрясений приурочены к поперечным поднятиям и разломам.

Во всех обобщающих работах по региональной геологии и тектонике Кавказа описывается транскавказская зона поднятия и разломов. Она от Ставропольского выступа на скифской эпигерцинской плите через Дзирульский массив и Сомхетскую глыбу тянется на юг до Битлисского выступа палеозойского основания альпийских структур у оз. Ван.

На севере эта зона сочленяется с Волгоградской системой глубинных флексур и разломов, ограничивающей Прикаспийскую синеклизу с запада. Таким образом, это—региональная зона дислокаций земной коры, охватывающая и геосинклинальную складчатую область, и соседние молодую и древнюю (Восточно-Европейскую) платформы (Н. С. Шатский).

Эквивалентной ей по своему геологическому значению структурой является субмеридиональная зона впадин, охватывающая акваторию Каспийского моря и Прикаспийскую синеклизу.

Транскавказская зона поднятия контролирует мощное проявление вулканизма (Ахалкалакское и Армянское вулканические нагорья) и эпицентры землетрясений (Ахалкалакская, Ленинанканская, Карсская, Алашкертская группы).

По геологическим и геофизическим данным ряд поперечных поднятий и разломов устанавливается к востоку от Транскавказской, по линии: Алаверди—Кировакан—Цахкуняцкий хребет—гора Арарат, Севан—Раздан—Араилер—р. Аракс, Кельбаджар (Азерб. ССР)—Мартуни—Спитаксар—Джрвеж, басс. р. Аргичи—Урцкий хребет—Араратский выступ Среднеараксинской впадины, Джульфа—Южный Зангезур—Кафан. Первое из указанных поперечных поднятий является, по-видимому, значительно древней структурой и контролирует магматизм юры и палеогена.

Интересно отметить, что гг. Лалвар, Тежсар, Халаб, Алибек, т. е. наиболее высокие точки Сомхетского, Базумского, Памбакского и Цахкуняцкого хребтов, приурочены к этой линии поднятия, что свидетельствует о продолжающемся воздымании его и в неотектоническом этапе. Вдоль этого поднятия (разлома) расположены также крупные стратовулканы Алибек и Араилер. Второй и третий разломы ограничивают

<sup>1</sup> М. А. Кашкай, Г. П. Тамразян. «Поперечные дислокации Крымско-Кавказского региона», М., Изд. «Недра», 1967.

Еревано-Севанский неогеновый грабен-синклинорий с северо-запада и юго-востока, придавая ему рифтовый характер. Время их заложения отчетливо намечается с неогена, знаменуя тем самым начало неотектонического или орогенического этапа развития Антикавказа. Более древнего заложения Аргичи—Урц-Араратская зона поднятия, которая контролирует мощность и фации палеогеновых, верхнемеловых и средневерхнепалеозойских отложений.

Особенно сейсмоактивны зоны сочленения крупных структур и узлы пересечения разломов и структур Кавказского и Антикавказского (поперечного) простираний (узлы тектонической напряженности). На их долю приходится больше половины эпицентров сильных землетрясений.

В Среднеараксинской впадине и Ереванском грабене проявление сейсмичности связано, помимо вышеуказанных факторов, также с соляной тектоникой. Здесь в строении соляных куполов и куполовидных поднятий участвуют не только соленосные отложения миоцена, но и покровы эффузивных пород верхнего плиоцена и постплиоцена. Буровыми скважинами установлено, что многие куполовидные возвышенности Канакер-Егвардского вулканического плато (г. Мурад-тапа и др.), а также сглаженные сводообразные возвышенности Ераблур, сложенные долеритовыми базальтами и андезито-базальтами верхнего плиоцена-нижнего плейстоцена, представляют соляные купола. Их отчетливая выраженность в современном рельефе свидетельствует о том, что рост и формирование этих структур продолжается и в современную геологическую эпоху, с чем и могут быть связаны сейсмические толчки в рассматриваемом районе.

К числу важнейших геологических факторов, обуславливающих сейсмичность, относятся также инженерно-геологические условия местности, литолого-петрографический состав грунта, его трещиноватость, водонасыщенность и др.

### *Задачи дальнейших исследований*

Для оценки сейсмоактивности территории Армянской ССР составлена пятилетняя программа геологических, геохимических, геоморфологических, геофизических, геодезических и сейсмологических (инструментальных и сейсмостатистических) исследований.

Лишь комплексным применением указанных методов исследований мы сможем произвести сейсморайонирование территории нашей республики и выделить районы с различной потенциальной сейсмической активностью.

Основными задачами регионально-геологических исследований в связи с разработкой данной проблемы являются:

1. Детальное изучение новейших (неоген-антропогеновых) тектонических движений и созданных ими пликтивных и разрывных структур, а также вещественный состав последних.

В результате этих исследований должны быть составлены карты не-

отектоники разных масштабов, а также палеотектонические и палеогеографические карты, иллюстрирующие историю формирования новейших тектонических структур. Необходимо стремиться к тому, чтобы исследования в этой области не носили эмпирического характера, а получили количественную оценку. Важно амплитуду поднятий и опусканий определить в цифрах, т. е. охарактеризовать градиенты новейших тектонических движений. С этой целью необходимо детальное изучение неогеновых и четвертичных морских, пресноводных и континентальных отложений, закономерностей распространения их фаций и мощностей, древних денудационных поверхностей, речных террас, а также закономерностей развития новейшего вулканизма. Важное значение приобретают геоморфологические исследования, так как современные мегаформы рельефа, развитие речной сети обусловлены преимущественно неотектоническими движениями.

2. Изучение тектонического строения донеогенового основания. Это необходимо потому, что новейшие тектонические движения тесно связаны со структурами основания и часто контролируются ими. Поэтому для выяснения многих вопросов, касающихся закономерностей развития новейших тектонических движений, необходимо детальное изучение строения основания неотектонических структур. Маршрутными геологическими исследованиями следует уточнить существующие геологические карты и на их основе составить тектоническую карту Армении, а также обзорную карту Армении и сопредельных районов Кавказа, Ближнего и Среднего Востока. Необходимо также составить ряд палеогеологических и палеотектонических карт по наиболее переломным этапам формирования структур.

Таким образом, геолого-тектонические исследования будут носить не статистический характер, а историко-геологический, и будут выявлять общий ход движения земной коры и эволюцию структур от Байкальского тектонического этапа и до современной геологической эпохи.

3. Детальное изучение внутреннего строения не только зон глубинных разломов, но и всех разломов и особенно ныне живущих. О значении разломных структур в проявлении сейсмичности говорилось выше. Следует добавить, что механизм возникновения землетрясений представляется как результат разрывов сплошности вещества в земной коре.

В результате этих исследований должна быть составлена карта разломной тектоники Армении с выделением разрывных дислокаций различных типов. Разломы должны быть классифицированы по глубине заложения (мантийные, коровые, приповерхностные), геометрической форме (сбросы, взбросы и надвиги, сдвиги, покровы), возрасту их заложения и активности в неотектоническом этапе, по контролю магматизма, фаций и формаций отложений, а также по геофизическим и геоморфологическим показателям.

Особое внимание следует обратить на ныне живущие разломы, которые отражены на поверхности в виде отчетливо выраженных в рельефе, региональных флексур, надразломных и приразломных несимметрич-

ных складок (басс. оз. Севан, Лорийская котловина), а также узких надразломных и приразломных горстов и грабенов (басс. оз. Севан, Южный Загезур). Об активизации древних разломов и заложении новых свидетельствуют также обрывистые склоны в рельефе, прямолинейные направления течения рек и другие геоморфологические признаки, как и линейное расположение центров вулканических извержений и излияний (Гегамское, Джавахетское, Сюникское вулканические нагорья).

Ценные данные по разломной тектонике может дать изучение минеральных и термальных источников, выходы которых отчетливо приурочены к активным разломам. На территории Армянской ССР связь термоминеральных вод с тектоникой выражена особенно выразительно. Зоны проявления термоминеральных источников: Красносельск—Дилижан—Кировакан, Степанаван—Гукасян, Анкаван—Камо—Мартуни, Татев—Сисиан—Джермук, соответствуют одноименным разломам кавказского простирания.

Группы минеральных источников районов гор. Раздан, сс. Бжни, Арзакан, курорта Арзни, Ширакской впадины и Джавахетского вулканического нагорья приурочены к разломам субмеридионального и антикавказского простираний.

Наблюдается определенная (парагенетическая) связь между распределением минеральных источников и развитием новейшего вулканизма. Она заключается в совпадении их ареалов развития и приуроченности к одним и тем же зонам (разломам).

В сферу геологических исследований входят также палеосейсмотектонические исследования—метод, предложенный в 1960 г. Н. А. Флоренсовым и основанный на принципе актуализма. Суть этого нового метода сейсмотектонических исследований заключается в обнаружении и изучении геологическими методами в разрезах земной коры следов землетрясений доисторического прошлого. Хотя применение палеосейсмотектонического метода в сейсмологических исследованиях связано со значительными сложностями, тем не менее использование его в условиях Армении возможно и необходимо.

4. Сбор сейсмостатистических данных, их систематизация, составление карт эпицентров землетрясений, глубины очагов и графиков повторяемости землетрясений.

5. Инженерно-геологические исследования, что особенно важно для микросейсморайонирования и составления крупномасштабных карт сейсморайонирования городов и отдельных в промышленном и сельскохозяйственном отношении важных участков.

Результатом указанных видов геологических работ в комплексе с геофизическими и инженерно-сейсмологическими исследованиями явится составление карты сейсморайонирования. На ней будет отражена не только интенсивность ожидаемых землетрясений в различных районах в баллах, но и возможная средняя повторяемость сейсмических толчков во времени. Основой для таких построений служат сейсмостатистические данные и материалы специальных стационарных наблюдений.

В заключение следует отметить, что для планомерного и целеустремленного направления научно-исследовательских работ по проблеме «Изыскание методов прогноза землетрясений» необходимо уже сейчас выделить на территории Армянской ССР несколько геолого-геофизических или геодинамических полигонов и организовать на них комплексные геолого-геофизические исследования и инженеро-сейсмологические, геодезические и другие стационарные работы и наблюдения.

Геодинамические полигоны должны различаться своим геологическим строением и представлять собой тектонические блоки, разграниченные крупными разломами. Таковыми могут быть Зангезур (классическая зона разлома и проявления дифференциальных неотектонических движений), бассейн оз. Севан и, в частности, район Камо, где хорошо развиты плиоцен-четвертичные складчатые структуры и разломная тектоника, Ереванский грабен-синклинорий (район развития соляной тектоники), Ширакская впадина и смежные районы и др.

В этих полигонах, кроме вышеуказанных основных видов научных исследований, можно вести стационарные наблюдения над рядом признаков, которые, как показали исследования в других сейсмоактивных районах (например, в гор. Ташкенте), предшествуют землетрясениям. Таковыми являются изменения напряженности магнитного поля, изменение химического состава термальных и минеральных вод и др. Во время Ташкентского землетрясения 1966 г. содержание радона в минеральных водах увеличилось в 1,5—2,5 раза по сравнению с обычным содержанием, а после землетрясения оно резко упало.

Чуткие наклонометры, установленные в шурфах, глубиной в несколько десятков метров, могут регистрировать движения земной коры и деформации пластов.

Ереванский государственный университет

Поступила 13.III.1972.

Ա. Հ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

ՍԵՅՍՄԻԿ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱՐԱՆԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՆԵՆԵՐՆ ՈՒ  
ՍԵՅՍՄՈՏԵԿՏՈՆԻԿ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ  
ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հեղինակը համառոտ կերպով բնութագրում է երկրաշարժերը վերահսկող հիմնական երկրաբանական գործոններն ու առաջադրում հետազոտությունների խնդիրները:

Տարբեր շրջանների սեյսմոակտիվությունը որոշող առավել կարևոր գործոններ են նորագույն տեկտոնական շարժումները, նրանց բնույթն ու ինտենսիվությունը, մինչնեոգենյան հիմքի երկրաբանական կառուցվածքը, ծալքավորման ու կոնսոլիդացման հասակը, խորքային բեկվածքները և հատկապես

պերմանենտ գործող և ժամանակակից էպոխայում դրսևորվող խզվածքները, ինչպես նաև լայնակի տեկտոնական ստրուկտուրաներն ու աղային տեկտոնիկան: Հետագա հետազոտութիւնների ընթացքում բացի վերը նշված երկրաբանական գործոններից, հատուկ ուշադրութիւն պետք է դարձնել նաև պալեոսեյսմոգիսոկացիաների ուսումնասիրման ու սեյսմոստատիկ տվյալների վրա:

Երկրաշարժերի կանխագուշակման պրոբլեմի հաջող լուծման նպատակով հեղինակն առաջարկում է Հայաստանի մի շարք շրջաններում կազմակերպել գեոդինամիկ պոլիգոններ և կատարել երկրաբանական, երկրաֆիզիկական, սեյսմոլոգիական, գեոդեզիական և այլ կոմպլեքս հետազոտութիւններ: