

իական (8,1 մագնիտուդայով), Կենտրոնական Անատոլիա—Վանի (աջ տեղաշարժ), Բինգյուլի (ձախ տեղաշարժ), Հարավ—Անատոլիական—Սիրիական կարմիր ծովի ռիֆտային զոնայի հյուսիս-արևմտյան շարունակության բեկվածքները: Իրանում առավել սեյսմաակտիվ են Ալբուրդ և Կոպետդաղ բարձրալեռների և Զագրոսի Իրանական սալի կցվածքները, ինչպես նաև Լուրի պանգվածի արևմտյան և արևելյան սահմանային կարերը:

A. H. GABRIELIAN

THE SEISMOTECTONICS OF THE ARMENIAN HIGHLAND AND ADJACENT REGIONS

A b s t r a c t

The general characteristic of the Armenian highland and adjacent regions of the Caucasus, Anatolia and Iran recent tectonics and seismicity is brought.

The most seismoactive structures i. e. seismogenetic fractures are distinguished, the earthquakes prediction subsequent investigation problems are outlined, the importance of antiseismic building is emphasized.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XCII, № 4, 29—35

УДК 550.348.436(479.25)

С. Н. НАЗАРЕТЯН

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ПРОГНОЗ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1988 г.

Сделана попытка путем анализа существующего материала оценить возможность прогнозирования места, силы и времени возникновения Спитакского землетрясения ретроспективно. Указываются причины неточной оценки сейсмической опасности эпицентральной зоны землетрясения. Поднимаются некоторые актуальные задачи, от решения которых во многом зависит надежность общего сейсмического районирования территории Армении и долгосрочного сейсмопрогноза.

Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г. в определенной степени явилось неожиданностью для специалистов. Имеются в виду все три основных параметра землетрясения: место, сила и время возникновения. Никто из специалистов не предполагал, что в Спитаке (и не только в Спитаке) возможно землетрясение интенсивностью 10 баллов (по карте сейсмического районирования 1978 г. опасность оценивалась 7 баллами). Поэтому имеет смысл еще раз проанализировать имеющиеся данные по разломной тектонике и сейсмичности района с учетом новых данных, чтобы ответить на вопрос: возможно ли было прогнозировать эти параметры землетрясения?

Место возникновения. Землетрясение приурочено к зоне пересечения трех разломов разного простирания (рис. 1), т. е. к сложному дизъюнктивному узлу. На основе комплекса геофизических методов были установлены диагональные разломы, а что касается широтного разлома, то его наличие в этом районе нами не предполагалось [9]. Вкратце рассмотрим эти разломы. Образованный на земной поверхности во время землетрясения разлом (взбросо-сдвиг), длиной минимум 10 км, почти совпадает с осью северо-западного ответвления Ле-

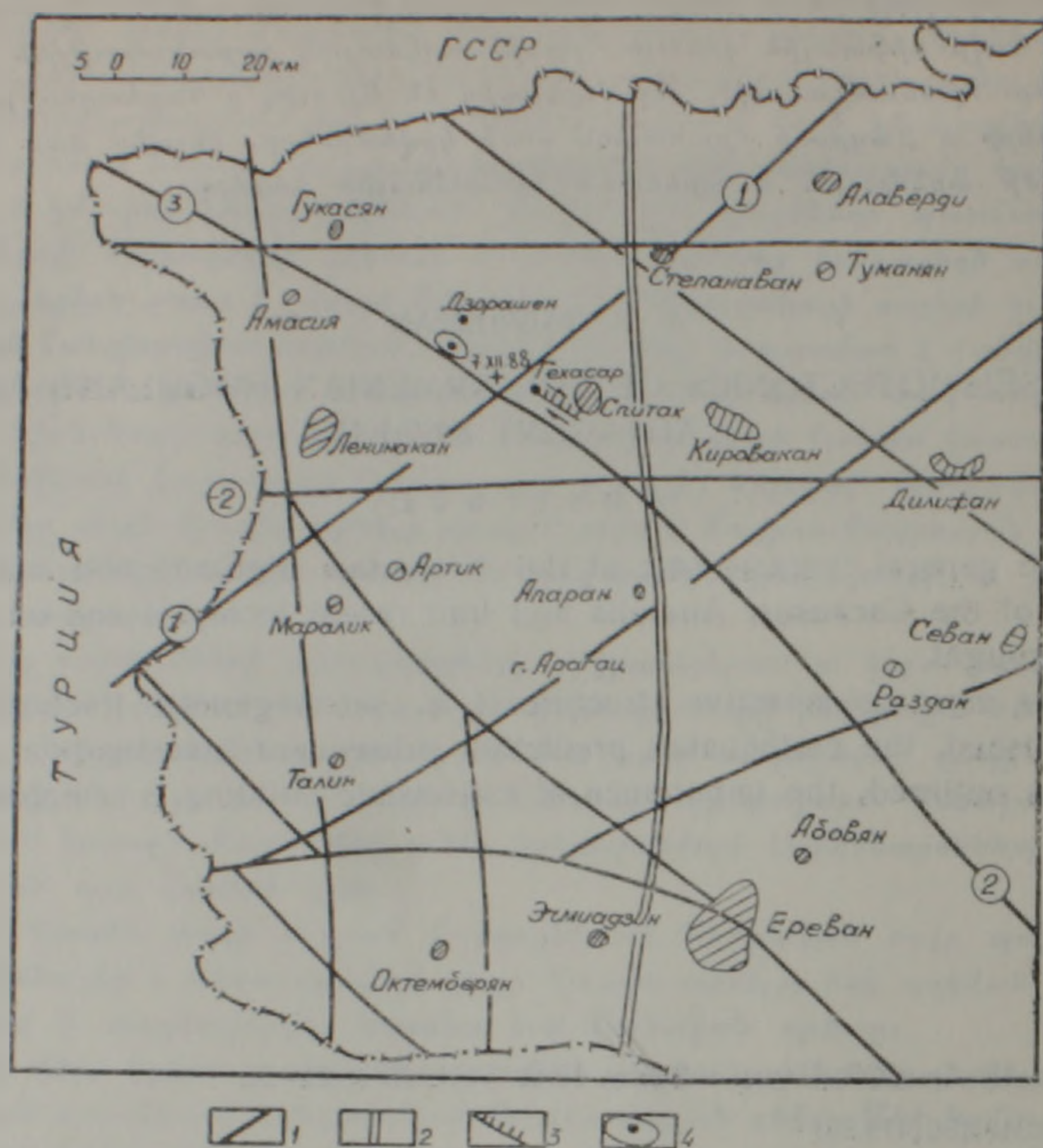


Рис. 1. Карта глубинных разломов [9] и крупных дислокаций, образованных во время Спитакского землетрясения 1988 года. 1. Ось разломов по комплексу геофизических методов; 2—Арарат-Спитак-Калининский разлом, по которому меняется направление альпийской активизации от северо-западного на широтное; Дислокации: 4—разлом (сбросо-сдвиг); 5—сейсмогравитационная дислокация. На рисунке арабскими цифрами указаны разломы: 1—Дигор Степанаванский; 2—Ленинакан-Ордубадский; 3—северо-западное ответвление Ленинакан-Ордубадского разлома.

нинакан-Ордубадского глубинного разлома [9]. В зоне указанного разлома на северо-западе (у с. Дзоражен) образовалась крупная сейсмогравитационная дислокация, которая также свидетельствует о его наличии. Эта дислокация имеет большие размеры (около 350×150 м), охватывает глубину до 10—20 м и переброшена по склону горы (при наклоне $\sim 10^\circ$) на 30—50 м, причем поверхность скольжения проходит, в основном, по раздробленным скальным породам. Она также свидетельствует о десятибалльной интенсивности землетрясения в этом (эпицентральной) районе. Вышеотмеченные дислокации являются поверхностными выражениями сейсмоактивного глубинного разлома и могут служить реперами для его выделения. Северо-западное ответвление Ленинакан-Ордубадского разлома выделяется также по оси миграции афтершоков Спитакского землетрясения (рис. 2). Заметно, что ось миграции афтершоков смещена от оси указанного глубинного разлома на северо-восток. Это естественно, т. к. зона разлома наклонена на северо-восток под углом $60-70^\circ$, и проекции гипоцентров (эпицентры) будут располагаться северо-восточнее от его выхода на поверхность. О наличии указанного фрагмента разлома свидетельствуют также результаты дешифровки аэрокосмических снимков [8].

Второй, также сейсмоактивный разлом, образующий дизъюнктивный узел, протягивается в северо-восточном направлении и выделен нами под названием Дигор-Степанаванского глубинного разлома. К его зоне приурочены известные Дигорские, Анийские, Ленинаканские землетрясения [9]. Этот разлом особую сейсмическую активность (имеются в виду сильные толчки) во время Спитакского землетрясения не проявил, хотя достаточно четко выделяется направление миграции афтершоков по зоне разлома (рис. 2).

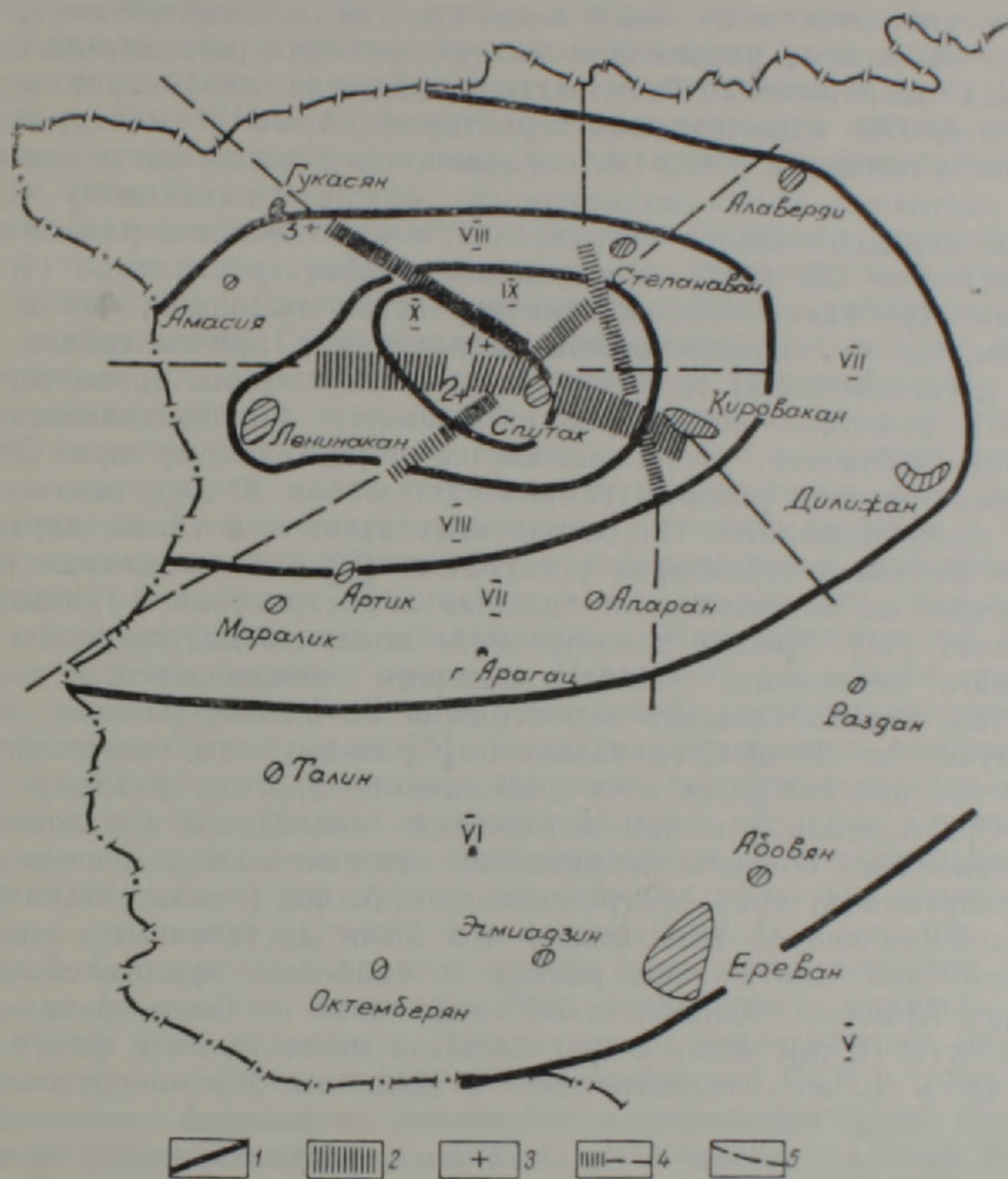


Рис. 2. Карта изосейст Спитакского землетрясения 1988 г. и направления миграции афтершоков. 1. Изосейсты балльности (составил С. Н. Назаретян по материалам сотрудников ИГИС АН АрмССР); 2. Направления (оси) миграции эпицентров афтершоков с $K \geq 10$ за 7/XII—1988 г.—15/IV—1989 г. (по данным сети наблюдений французских специалистов [18] и сети сейсмических станций ОМСЭ ИГИС АН АрмССР); 3. Эпицентры наиболее значительных событий (указаны арабскими цифрами на карте): 1—первого толчка 7 декабря 1988 г.; 2—второго (через около 4 минут после первого) толчка 7 декабря 1988 г.; землетрясения 30 апреля 1989 г. интенсивностью 7,5 баллов; 4—глубинные разломы, проявившие сейсмическую активность во время и после основного события; 5—вероятные фрагменты сейсмической активизации глубинных разломов в ближайшее время.

Многочисленные толчки образовали широтную полосу. Она соответствует одному из ответвлений высокосейсмичного Северо-Анатолийского разлома [1, 2]. Из рис. 2 следует, что разломы всех четырех направлений проявили сейсмическую активность, но в разной степени. Важно отметить, что имелись веские данные, свидетельствующие о тектонической активности всех отмеченных разломов. В первую очередь к этим данным относятся результаты обобщения параметров механизма очагов землетрясений района, происходящих за 1953—1978 гг.

Они показывают, что во время этих землетрясений активными были разломы СВ и СЗ направлений [7]. Многочисленные геологические и геоморфологические данные также свидетельствуют о неотектонической активности Спитакского района [3, 16]. Таким образом, в свое время имелись достаточно надежные данные, свидетельствующие о том, что эпицентральная зона Спитакского землетрясения представляла собой активный дизъюнктивный узел. Как известно, тектонически активные дизъюнктивные узлы считаются наиболее вероятными участками возникновения сильных землетрясений [2, 3, 9, 11, 15]. В работе [11] предлагается возможный механизм таких землетрясений, основанный на системе разломов и на действующих региональных тектонических напряжениях. Результаты обобщения параметров механизма очагов 165 землетрясений территории АрмССР и сопредельных районов, в основном с $M \geq 4,0$, показали, что верхняя часть земной коры в настоящее время подвергается близгоризонтальному ($0-50^\circ$) сжатию меридионального направления, а образованные разломы в основном имеют СВ и СЗ простирание и близвертикальное ($40-90^\circ$) падение. При таких напряжениях вероятны подвижки как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, причем сдвиги (более точно их комбинации) по СЗ разломам будут иметь правосторонний, а по СВ разломам—левосторонний характер. Горизонтальное правостороннее смещение, установленное по образованному при Спитакском землетрясении разлому (амплитудой около 40 см), согласуется с таким предположением. На основе этих данных, а также карты глубинных разломов территории республики [9] был предложен вероятный механизм возникновения сильных землетрясений в дизъюнктивных узлах [11]. Данное землетрясение показало достоверность предложенного механизма, сущность которого заключается в том, что вследствие горизонтального перемещения по одному разлому (в данном случае по Дигор-Степанаванскому разлому) до подготовки землетрясения преграждался путь движения по другому разлому (Ленинакан-Ордубадскому) и при активизации последнего в узловой зоне были накоплены большие напряжения, которые в конце концов привели к разрушению края преграждающего блока (землетрясению).

Вышеизложенное показывает, что были достаточные основания для отнесения Спитакского района к наиболее высокосейсмичным участкам Армении. Однако, такое заключение не было сделано, т. к. специалисты (в том числе и мы) большое место уделили факту отсутствия здесь сильных землетрясений в прошлом. Жизнь показала, что даже для такой территории как Армения, по которой имеются богатые исторические данные о сильных землетрясениях, нельзя проводить сейсмического районирования на основе сейсмостатистических данных. Сейсмичность во времени очень непостоянна.

Следует отметить также следующее важное обстоятельство. Хотя считалось, что Анкаван-Зангезурский (по А. А. Габриеляну [2]) или Ширакско-Зангезурский (по А. Т. Асланяну [1]) глубинные разломы являются одним из ответвлений Северо-Анатолийского разлома, в зоне которого произошли катастрофические землетрясения (например, одиннадцатибалльное Эрзинджанское землетрясение 1939 г.), но никто на этот факт особого внимания не обратил.

Интенсивность землетрясения. На территории Советской Армении вообще исключалась вероятность возникновения землетрясений интенсивностью 10 баллов. Но для такого заключения не давали основания ни каталоги [13, 15], ни расчеты максимально возможных землетрясений [4, 6, 12], а также результаты предварительного исследования палеосейсмодислокации (В. П. Солоненко, Г. П. Симонян, А. С. Караханян и др.). После Спитакского землетрясения многие специалисты (А. Т. Асланян, А. А. Габриелян, Г. П. Симонян и др.), пересмотрев исторические сведения, признали, что в каталогах была занижена интенсивность ряда землетрясений прошлого. Мы полностью солидарны с таким выводом. Прочитав описания последствий ряда землетрясе-

ний, можно установить признаки, свидетельствующие об их 9—10-балльной интенсивности (Вайоцзорского 906 г., Двинского 893 г., Анийского 1232 г., Гарнийского 1679 г., Араратского 1840 г. и др.). К числу этих признаков в первую очередь необходимо отнести изменения в рельефе (дислокации) и разрушение церквей, построенных по требованиям сейсмостойкого строительства.

Что касается конкретной интенсивности Спитакского землетрясения (10 баллов), то на фоне отмеченного невозможно было прогнозировать ее интенсивность. В лучшем случае, принимая, что землетрясение приурочено к активному дизъюнктивному узлу, можно было говорить о 8—9-балльной интенсивности землетрясения, т. е. на 1—1,5 балла ниже. Отсутствие надежного сейсмологического метода оценки интенсивности землетрясения также не позволило прогнозировать его силу.

Время возникновения землетрясения. Это наиболее трудный вопрос, т. к. его решение требует высокоточного, детального, режимного геофизического, геодезического, гидродинамического, деформационного и др. наблюдений. Существующая наблюдательная сеть не позволяет надежно заниматься вопросами средне- и краткосрочного прогноза землетрясений. Да и методики такого прогноза пока не существует. Что касается долгосрочного прогноза, то для выявления нужных признаков имеющаяся наблюдательная сеть достаточна, т. к. землетрясения большой силы подготавливаются в течение десятков и более лет, а признаки, свидетельствующие о его подготовке, наблюдаются на больших расстояниях. И действительно, имелся ряд признаков, указывающих на подготовку землетрясения. Нам известны три более или менее удачные попытки прогноза. Первый из них сделан группой специалистов (Егоркина Г. В. и др.) на основе изучения анизотропии скоростей сейсмических волн [5]. Область анизотропии, которая, по мнению исследователей, указывает на место скопления тектонических напряжений, почти совпадает с эпицентральной областью Спитакского землетрясения. Указанными исследователями на территории Армянской ССР выделен ряд других аналогичных областей, которые заслуживают детального изучения с помощью комплекса методов.

Второй долгосрочный прогноз сделан нами путем изучения предвестника «сейсмическое затишье». Этот предвестник однажды уже оправдал себя (наблюдался до Зангезурского землетрясения 1968 г.). Изучая сейсмический режим территории Армянской ССР и сопредельных районов, мы выделили только одну, ярко выраженную область затишья. Ширакская полоса—г. Ани—г. Ленинакан—г. Спитак шириной 15—20 км считалась «...наивероятным районом возникновения сильного землетрясения в ближайшем будущем» ([9], стр. 125). Землетрясение произошло на северо-востоке выделенной зоны.

Третий прогноз был сделан большой группой специалистов из ИФЗ АН СССР, ИГ АН ГССР, ИГИС АН АрмССР и др. (Соболев Г. А., Челидзе Т. Л. и др.), которыми было составлено несколько карт Кавказа, с выделением участков возникновения землетрясений с $K \geq 12$ с разной вероятностью. Для этого они использовали метод распознавания образов на основе ряда параметров сейсмичности, изменения скоростей волн во времени и др. Землетрясение произошло не в пределах выделенного района, а недалеко от него.

Таким образом, до Спитакского землетрясения были установлены элементы долгосрочного прогноза. Наряду со многими причинами того, что не был сделан более точный прогноз, опять приходится упоминать, что район считался невысокосейсмичным, и здесь не была организована густая сеть режимных наблюдений.

Предвестники средне- и краткосрочного прогноза возможно и были, но утверждать их однозначность нельзя.

В конце хотелось бы сделать ряд выводов, вытекающих из результатов предварительного изучения Спитакского землетрясения:

1. Сейсмичность во времени очень непостоянна и при сейсмическом районировании опираться лишь на сеймостатистические данные, даже для богатых такими сведениями территорий, нельзя. Особое место надо уделять изучению палеосейсмодислокаций.

2. Особое внимание надо уделять тем дизъюнктивным узлам, которые образуются при пересечении поперечных разломов с разломами, являющимися ответвлениями Северо-Анатолийского сейсмоактивного разлома: Ереванского, Ширакско-Зангезурского и Севанского (в частности, следующим дизъюнктивным узлам: Двинскому, Дигорскому, Вайоцзорскому, Севанскому, Зангезурскому и др.).

3. Необходимо пересмотреть данные Нового каталога сильных землетрясений на территории СССР [6], касающиеся исторических землетрясений территории Армении с целью уточнения их интенсивности.

4. Горький опыт показывает, что при оценке сейсмической опасности территории Армении (и не только Армении) специалисты при отсутствии необходимых данных и совершенной методики больше рисковали, чем проявили осторожность (застраховались), что послужило одной из причин больших человеческих жертв и огромных материальных потерь. Поэтому логично и даже экономически целесообразно при аналогичной ситуации применять более осторожный подход, а потом по мере накопления новых данных и разработке надежной методики уменьшить уровень оценки сейсмической опасности.

5. Существующая сеть режимных наблюдений нуждается в коренном улучшении, как по части автоматической регистрации сейсмических, геофизических, деформационных, геохимических, гидродинамических и др. наблюдений, передачи этой информации в центр обработки, так и их оперативной, машинной обработки. Без этого невозможно серьезно заниматься средне- и краткосрочным сейсмопрогнозом.

6. Записи сильного толчка и миграция афтершоков во времени показывают, что землетрясение надо фиксировать не только как точку (эпицентр, гипоцентр) или объем (очаг). Оно в первую очередь процесс, развивающийся в пространстве и во времени. Для понимания сущности землетрясения учет этого вопроса очень важен.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 26.IV.1989.

Ս. Ն. ՆԱԶԱՐԵԱՆ

1988 թ. ՍՊԻՏԱԿԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ՀԵՏԱԴԱՐՉ ԿԱՆԽԱԳՈՒՇԱԿՈՒՄԸ

Ա. մ փ ո փ ո լ մ

Երկրաշարժը որոշակիորեն անսպասելի էր մասնագետների համար։ Ոչ որ չէր սպասում, որ Սպիտակի շրջանում (և ոչ միայն այնտեղ) հնարավոր է 10 բալանոց երկրաշարժ. և դա այն դեպքում, երբ սեյսմիկ շրջանացման գոյություն ունեցող քարտեզի համաձայն Սպիտակի գտնվում էր 7 բալանոց գոտում։

Փորձ է արված, ելնելով եղած սեյսմաբանական, տեկտոնական նյութերից, հաշվի առնելով դեկտեմբերի 7-ի երկրաշարժի հետևանքները, կատարելու հետադարձ կանխագուշակում և պատասխանելու համար այն հարցին, թե հնարավոր էր արդյոք պարզել երկրաշարժի տեղը, ուժգնությունը և ժամանակը։ Վերլուծելով եղած նյութերը հանգում ենք այն եզրակացության, որ նման կանխագուշակման հնարավորությունները սահմանափակ են եղել։

Հաշվի առնելով երկրաշարժի դառն դասերը, արվում են մի շարք եզրակացություններ հանրապետության տարածքի հուսալի սեյսմիկ շրջանացման և սեյսմական խաղուղակման աշխատանքներն ավելի լավ կազմակերպելու համար:

S. N. NAZARETIAN

A RETROSPECTIVE PROGNOSTICATION OF THE SPITAK EARTHQUAKE, 1988

Abstract

By means of available data analysis an attempt is made to evaluate the possibility of a retrospective prognostication of the place, time and magnitude of the Spitak earthquake. The reasons of the epicentral zone seismic danger inaccurate estimation are shown. Some actual problems are raised, from the solution of which it depends to a large extent the reliability of the Armentian SSR territory general seismic zoning and extended-period seismic prognostication.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Ереван: АЙпетрат, 1958, 340 с.
2. Габриелян А. А. Основные вопросы тектоники Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1959, 185 с.
3. Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмотектоника Армянской ССР. Ереван: Изд. ЕГУ, 1981, 284 с.
4. Джибладзе Э. А. Энергия землетрясений, сейсмический режим и сейсмотектонические движения Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1980, 220 с.
5. Егоркина Г. В., Ракитов В. А., Гаретовская И. В., Егорова Л. М. Анизотропия скоростей сейсмических волн и напряженное состояние земной коры на территории Армении. — Изв. АН СССР, Физика Земли, 1977, № 8, с. 43—56.
6. Карапетян Н. К. Параметры сейсмического режима Армении. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, № 4, с. 71—81.
7. Киракосян А. А., Назаретян С. Н. Определение возможных направлений сейсмической активизации разломов территории Армянской ССР на основе региональных напряжений. — ДАН АрмССР, т. LXXXIV, 1987, № 3, с. 131—137.
8. Караханян А. С., Саргсян Х. О., Бальян Р. О. Некоторые закономерности распределения линейментов на территории Армянской ССР и сопредельных районов. — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, № 6, с. 3—8.
9. Назаретян С. Н. Глубинные разломы территории Армянской ССР по геофизическим данным. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1984, 134 с.
10. Назаретян С. Н. Некоторые вопросы разломной территории АрмССР. Геофизический журнал, Киев: «Наукова думка», т. 9, № 3, 1987, с. 29—34.
11. Назаретян С. Н. Возможный механизм возникновения сильных землетрясений в дизъюнктивных узлах территории Армянской ССР. — ДАН АрмССР, т. LXXXIV, 1987, № 5, с. 203—207.
12. Назаретян С. Н., Асланян С. Р., Киракосян А. А. Долговременные средние показатели сейсмичности территории Армянской ССР и сопредельных районов. — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 1, с. 61—68.
13. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1977, 237 с.
14. Пирузян С. А., Бабаджанян А. Г., Донабедов А. Т. и др. Блочное строение территории Армянской ССР и сопредельных районов в связи с сейсмическим районированием. — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1978, № 4, с. 69—78.
15. Пирузян С. А. Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Ереван: Изд. Айастан, 1969, 91 с.
16. Саркисян О. А. Геологическое строение и история тектонического развития Севано-Ширакского синклинория (Малый Кавказ). — Ереван: Изд. ЕГУ, 1973, 286 с.
17. Храмовских В. С., Никонов А. А. По следам сильных землетрясений. М.: Наука, 1984, 145 с.
18. Clsteras A., Phillip H., Bousquet J. C., Cara M. The Spitak (Armenia) Earthquake of December 7, 1988: Field observations, Seismology and Tectonics. Sub. in Nature, Feb., 1989, 12 p.