

А. С. КАРАХАНИЯН

РЕЗУЛЬТАТЫ НАЗЕМНОГО И АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ И СЕЙСМОГЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1988 ГОДА

Рассмотрены результаты наземного и аэрокосмического изучения сейсмогеологических последствий и сейсмотектонических условий реализации Спитакского землетрясения 1988 г. Приводится морфоструктурное описание и кинематическая характеристика Спитакской сейсмодислокации, а также активных разломов региона, в том числе активизировавшихся и при землетрясении 1988 гг.

Полевые обследования, начавшиеся 7 декабря 1988 г. и дешифрирование материалов аэросъемки, произведенной с 10 декабря, а также их сопоставления с данными съемки, полученными до землетрясения, показали наличие многочисленных сейсмогенных новообразований, развитых в эпицентральной зоне Спитакского землетрясения.

На участке от развалин с. Гетик (Гукасянский р-н, к Ю—В от с. Сарапат) до с. Алавар (Гугаркский р-н) зафиксирована сейсмотектоническая дислокация общей длиной до 35 км, выраженная в рельефе уступом высотой от 0,2 до 2 м и серией малоамплитудных трещин (рис. 1)*.

Азимут простирания дислокации С-З—300—320°, морфологически она представлена ветвящимися субпараллельными разрывами, часто имеющими четкообразное строение и кулисно подставляющими друг друга (рис. 1а, б, в). Падение плоскости разрыва на С-В с углом, варьирующим от 60—80° до 10—15°, с взбрасыванием и надвиганием С-В крыла.

Кинематическая характеристика главного разрыва уверенно определяется как взбросо-сдвиг с взбрасыванием северо-восточного активного крыла и его правосторонним смещением. Максимальная амплитуда вертикальной составляющей—2 м, а горизонтальной—до 1,5 м, сближение крыльев до 2,0 м. Определение кинематических характеристик разрыва основывается на его морфологии, величинах смещения форм микрорельефа, изучении поверхности зеркал скольжения, а также нижеследующих фактах.

При пересечении разломом железной дороги Ширакамут-Спитак отмечается разрыв стыка рельс с надвиганием восточной части полотна амплитудой 30 см (рис. 1). В 700 метрах к востоку от надвигания полотна, за железнодорожным мостом, зафиксирован разрыв стыка рельс с растяжением на 22 см, а восточнее последнего еще на 800 м разрыв самих рельс с раздвижением на 15 см. На всем протяжении разорванного участка пути произошло смещение рельс к западу амплитудой 20—25 см. Шпалы прочно сидят в насыпи, однако, рельсы сорваны с костылей и след их скольжения хорошо заметен в густой смазке нижней части рельс. В то же время после смещения на запад произошла обратная подвижка рельс на восток амплитудой до 7 см, что также фиксировано на рельсах. На железнодорожном мосту отмечено продольное сжатие железных поручней, а также общее горизонтальное изгибание путей. Указанное обстоятельство однозначно свидетельствует об активности северо-восточного крыла разлома, то есть о его взбросовом характере, а также господствующем субгоризонтальном меридиональном сжатии.

Об этом же свидетельствуют и результаты повторных нивелировок первого класса, проведенных по трассе шоссе Ширакамут-Спитак, любезно предоставленные нам из АрмГНИИГИСа Р. Э. Ара-

*) Ю—В продолжение сейсмотектонической дислокации от гор. Спитака до с. Алавар прослежено при совместных исследованиях с сотрудниками ГИН АН СССР В. Г. Трифоновым, А. И. Кожуриным и профессором Лиссабонского университета А. Рибейро.

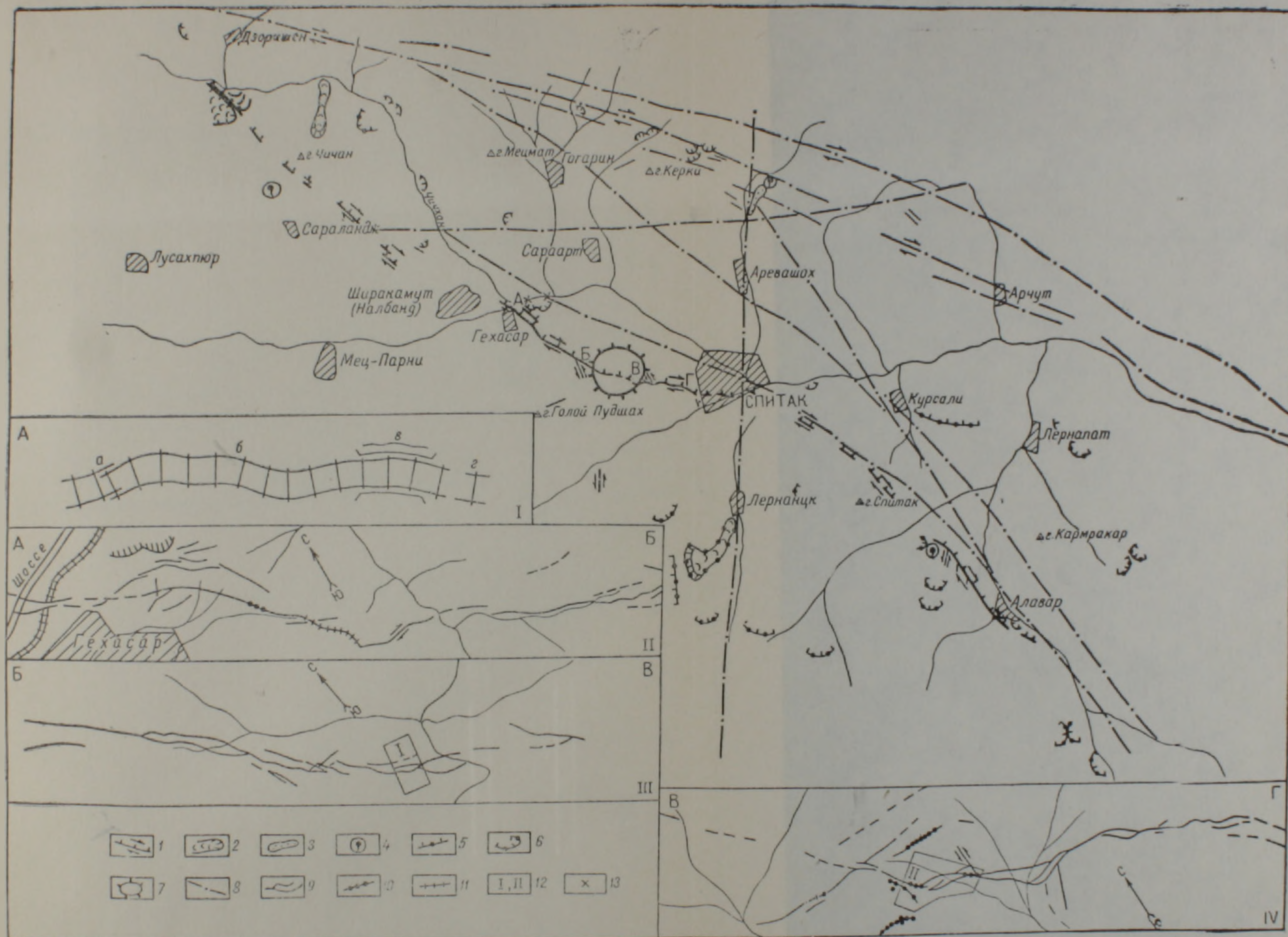


Рис. 1. Карта сейсмогенных дислокаций и разломов, очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988 года.

Условные обозначения к карте: 1. Сейсмоструктурная дислокация (взбросо-сдвиг), возникшая 7/XII—88 г.; 2. Сейсмогравитационные дислокации 7/XII—88 г.; 3. Сейсмовибрационные дислокации 7/XII—88 г.; 4. Фонтанирующие родники; 5. Предполагаемые палеосейсмоструктурные дислокации; 6. Предполагаемые палеосейсмогравитационные дислокации; 7. Кольцевая вулканотектоническая структура; 8. Крупнейшие разломы; 9. Участки разрыва рельефа; 10. Участки сгоревшей растительности; 11. Участок протаивания снега; 12. Геодинамические полигоны; 13. Разрыв стыка рельс.

Условные обозначения к врезкам: I—смещение железнодорожных путей (а—надвигание рельс; б—искривление путей; в—искривление поручей; г—разрыв стыка рельс); II, III, IV—А—Б, Б—В, В—Г—план сейсмоструктурной дислокации; 9—сейсмоструктурная дислокация; 10—участки сгоревшей растительности; 11—участок протаивания снега; 12—геодинамические полигоны.

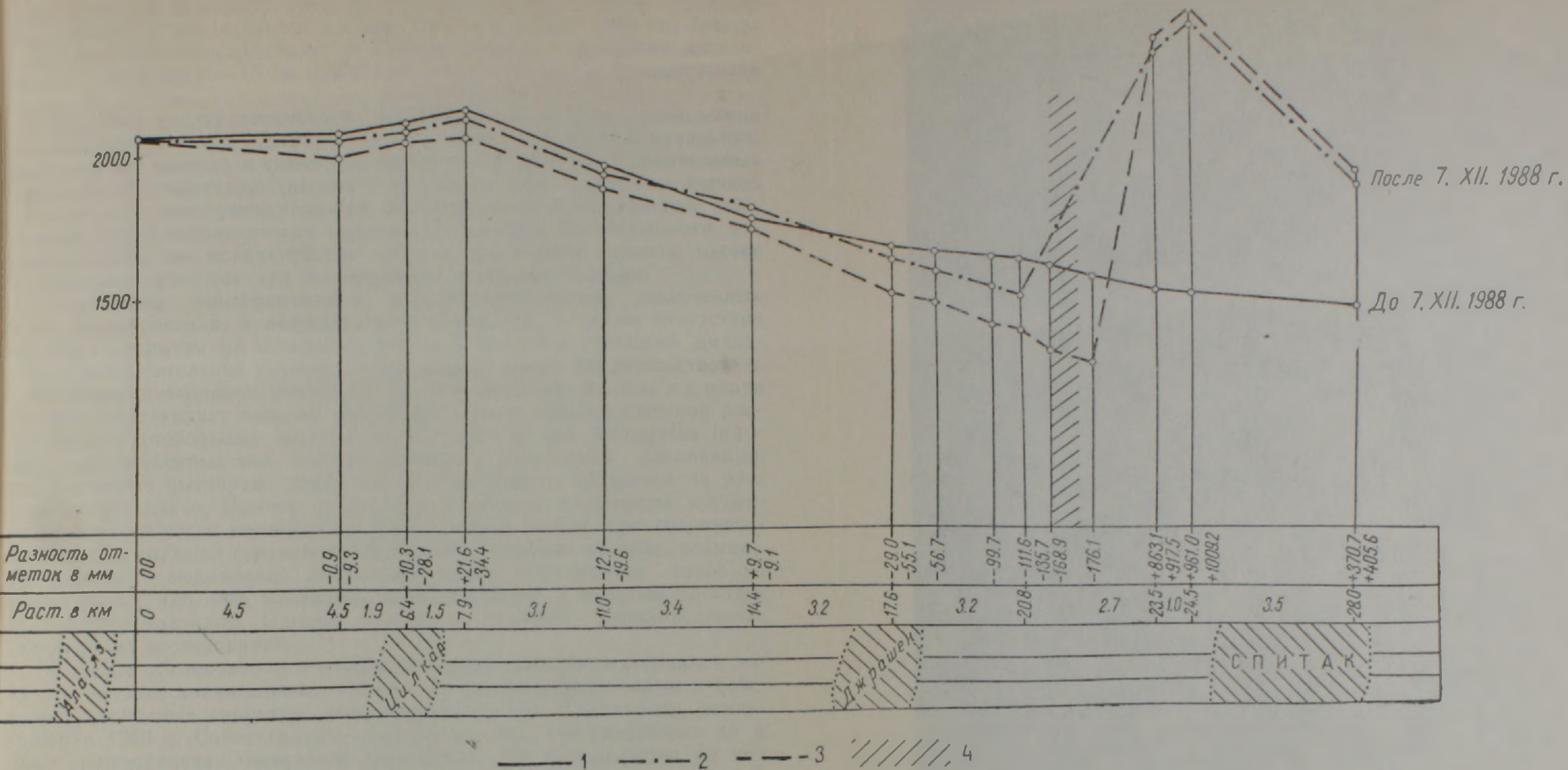


Рис. 2. График повторного нивелирования по линии Алагяз-Спитак.
 1—линия нивелирования 1986 г.; 2—линия нивелирования на конец декабря 1988 г.;
 3—то же за февраль 1989 г.; 4—сейсмостектоническая дислокация.

зьяном и Н. Д. Воробцом (рис. 2). На участке пересечения профиля нивелирования проведенного в конце 1988 и в начале 1989 гг., трассы новообразовавшегося разлома, отчетливо заметно опускание юго-западного крыла на 10—15 см, при взбрасывании северо-восточного крыла более чем на 1 м.

Изучение последовательности возникновения борозд скольжения на плоскости разлома указывает на взбросовые смещения в начальную фазу (первый толчок) и сдвиговые перемещения двух последовательных направлений в конечную (второй и третий толчок). Указанное хорошо согласуется с инструментальными определениями американских сейсмологов [4] и независимыми макросейсмическими наблюдениями, интерпретируясь как возникновение взброса при первом главном толчке и сдвиговых подвижек при последующих основных толчках.

Результаты дешифрирования аэрофотоматериалов, полученных после землетрясения, в инфракрасном диапазоне, а также отсутствие снежного покрытия на отдельных отрезках разлома (видимый диапазон) при значительной глубине снега вокруг, могут свидетельствовать о повышенном тепловом излучении из зоны разлома. В этом же плане интерес представляет наличие отдельных очагов свежесожженной растительности (небольшие кустики высотой 20—40 см, *Astragalus lagurus*), расположенных как непосредственно в зоне самой дислокации, так и линейно вытянутых вдоль нее по оперяющим трещинам на расстоянии 50—100 м. Причем, в отдельных случаях отмечается обугливание верхней части корневой системы и низов стебля, при сохранности наиболее горючей верхней части кустов. Подобное явление, возможно, связано с выделением каких-либо самовозгорающихся газов во время толчка или, что, возможно, более вероятно, с мощным электростатическим разрядом. Однако, эти факты требуют дополнительных специальных исследований.

Полевое обследование и дешифрирование аэрофотоматериалов показало наличие значительного количества сейсмовибрационных и сейсмогравитационных структур, образовавшихся при Спитакском землетрясении 1988 г. Сопоставление аэрофотосъемок, произведенных до и после землетрясения, позволяет определить, что большинство из них развилось по местам развития старых заколов и склоновых смещений или участкам значительного обводения грунта.

Дешифрирование аэрокосмической информации, полученной до и после землетрясения, и полевые обследования как всей эпицентральной зоны, так и района Спитакской сейсмодислокации показали наличие крупных палеосеймотектонических и палеосейсмогравитационных дислокаций (рис. 1,3). Так, возникшая при Спитакском землетрясении сеймотектоническая дислокация несомненно наследует более ранний разрыв, а по некоторым участкам идет параллельно или пересекает уступ подобной же, но более ранней сеймотектонической дислокации.

Указанное свидетельствует, что данный регион и в прошлом неоднократно подвергался сейсмическим катастрофам, подобным землетрясению 7/XII—88 года или еще более сильным.

Дешифрирование аэрокосмической информации позволило выявить и уточнить местоположение крупных разломов и линейментов (рис. 3).

Среди структур общекавказского направления наибольшего внимания заслуживает зона Базумо-Севанской системы глубинных разломов, крупный разрыв, протягивающийся вдоль долины р. Памбак в широтном направлении, а также разлом, дешифрируемый по северному подножию вулканического массива г. Арагац.

Из меридиональных структур следует отметить Арагац-Спитакский разлом, систему северо-западных и северо-восточных разломов, образующих крупный дизъюнктивный узел в районе г. Аглаган-2 (Базумский хребет, западнее г. Урасар—6 км). Заслуживает внимания активный разлом ВСВ простирания, протягивающийся от с. Джрадзор в сторону

Степанавана, по которому фиксируются стчетливые левосдвиговые смещения.

Основной задачей дешифрирования являлось выделение тектонически и сейсмически активных разломов, а также разрывных структур, активизировавшихся при Спитакском землетрясении 1988 г. Указанная задача решалась на основе подбора комплекса признаков, включающих: дешифровочные критерии активных структур [2], приуроченность к зоне разломов динамически активных геологических объектов (оползни, палео- и современные сейсмодесформации, участки эманационной активности, факторы резкого изменения водного режима и т. д.), а также по сопоставлению с сейсмологической информацией и макросейсмическими данными.

Полученные результаты свидетельствуют, что эпицентр Спитакского землетрясения, определенный инструментально в 5—6 км к северу от г. Спитака, приурочен к узлу пересечения южного крыла Базумо-Севанской системы глубинных разломов с меридиональным Арагац-Спитакским нарушением и стыку последних с разломом северо-западного простирания, протягивающимся от с. Алавар в направлении на г. Спитак (рис. 3).

Комплекс дешифровочных признаков свидетельствует, что тектонически наиболее активным является южное крыло Базумо-Севанской зоны глубинных разломов, а именно Гогаранский разлом, протягивающийся в С-З направлении несколько севернее г. Кировакана, сс. Арчут, Аревашох, Гогаран, Дзорашен, Сарапат и далее на запад. По данным дешифрирования и полевых обследований, разлом имеет взбросовый характер в сочетании с интенсивными правосторонними сдвиговыми смещениями. К нему приурочены палеосейсмодислокации, большинство сейсмовибрационных и сейсмогравитационных образований, возникших при Спитакском землетрясении, а также родники, по которым отмечалось повышение температуры воды, ее помутнение, загазованность (сероводород) и фонтанирование.

Активные дешифровочные признаки и приуроченность современных сейсмодесформаций отмечаются и по Алаварскому разлому.

Сопоставление полученной разломной структуры с зонами афтершоковой активности, полученной американскими и советско-французскими экспедициями [4, 3], свидетельствует о полном пространственном совпадении афтершоковой активности с Гогаранским и Алаварским разломами (рис. 3). Афтершоковая активность приурочена к центральному отрезку Гогаранского разлома до узла пересечения последнего с Арагац-Спитакским нарушением, а далее она перераспределяется на Алаварский разлом. Последнее обстоятельство хорошо объясняет и глубинность распределения зоны афтершоков—более глубинная часть ее приурочена к Гогаранскому разлому, а менее глубокая—к Алаварскому нарушению.

Необходимо отметить, что к Гогаранскому разлому приурочены и эпицентры Спитакских землетрясений 1967 г. ($M=5$), 1975 г. ($M=3.8$) и Кироваканского—1978 г. ($M=4$), а решение механизма Спитакского землетрясения 1988 г. ($M=7$) (взброс с правым сдвигом [3, 4]) и землетрясений 1967 г. (взброс—правый сдвиг) и 1978 г. (правый сдвиг—взброс) [1], отлично сочетается с такими же результатами, полученными по определению кинематической характеристики разлома на поверхности. По-видимому, землетрясения 1967, 1975 и 1978 гг. являлись дальними событиями, предворающими Спитакское землетрясение 1988 года.

Таким образом, данные дешифрирования аэрокосмической информации, наряду с сейсмологическими и сейсмогеологическими результатами, свидетельствуют о глубинной активации южного крыла Базумо-Севанской системы глубинных разломов, происходящей в условиях господствующего близгоризонтального меридионального сжатия, вызванного, по-видимому, активизацией давления Аравийской плиты в се-

верном направлении. А само Спитакское землетрясение 1988 года связано с накоплением и разрядкой тектонических напряжений на стыке Гогаранского и Алаварского разломов с вспарыванием, в ходе реализации толчка, тектонической перемычки между ними и выходом на поверхность сейсмотектонической дислокации, соединившей эти два нарушения.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 18 IV 1989

Ա. Ս. ԿԱՐԱՆԱՅԱՆ

ՍՊԻՏԱԿԻ 1988 թ. ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ԳՈՐԾՈՒՆ ԽՁՈՒՄՆԵՐԻ ԵՎ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԱՍԻՆ
ՁԵՎԱՆԱԽՏՈՒՄՆԵՐԻ ՎԵՐԵՐԿՐՅԱ ԵՎ ՕԴԱՏԻԵԶԵՐԱԿԱՆ
ԱՐԻՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հետազոտություններ են կատարվել մինչև երկրաշարժը և երկրաշարժից հետո ստացված օդատիեզերական տեղեկատվության վերծանման ուղղությամբ՝ Սպիտակի երկրաշարժի նախապատրաստման և իրագործման սեյսմատեկտոնական պայմանների և սեյսմաերկրաբանական հետևանքների ուսումնասիրման նպատակով: Առանձնացված է 35 կմ ընդհանուր երկարություն ունեցող մի սեյսմատեկտոնական տեղաշարժ՝ վերնետք-կողաշարժ, որի գործուն հյուսիս-արևելյան թևը վերնետված է մոտ 2 մ, իսկ աջ կողաշարժը կազմում է 1,5 մ: Խզման կինեմատիկ բնութագիրը որոշված է նրա ձևաբանության, տեղաշարժի հայելիների մակերևույթի, երկաթգծի խախտումների, կլրկրնվող մակարդակաչափական տվյալների ուսումնասիրման հիման վրա:

Խզման հարթության վրա սահքի ակոսների առաջացման հաջորդականության ուսումնասիրությունը ի հայտ է բերում վերնետքային տեղաշարժեր սկզբնական փուլում (առաջին հարված) և կողաշարժեր՝ ավարտական փուլում (երկրորդ և երրորդ հարվածներ):

Օդաչուսանկարների վերծանումը վկայում է խզման գոտում ջերմային հոսքի ուժեղացման, ինչպես նաև նրա երկայնքով ալրված բուսականության առկայության մասին: Անջատված են բազմաթիվ սեյսմավիբրացիոն և սեյսմազրավիտացիոն կառույցներ, որոնք առաջացել են Սպիտակի երկրաշարժի հետևանքով, ինչպես նաև, ենթադրաբար, հնասեյսմատեկտոնական ժազման այլ խոշոր կառույցներ:

Օդատիեզերական տեղեկատվության վերծանումը ի հայտ բերեց խոշոր խզումների համակարգեր, այդ թվում նաև Սպիտակի երկրաշարժի շնորհիվ ակտիվացած խզումներ:

Սպիտակի 1988 թ. երկրաշարժի էպիկենտրոնը հարում է մի բարդ հանգույցի, որտեղ հասվում են Բազում-Սևանի խորքային բեկվածքների համակարգն Արագած-Սպիտակի միջորեական տարածման խախտման և հյուսիս-արևմտյան տարածման մեկ այլ խախտման հետ:

Տեկտոնապես և սեյսմոկորին առավել գործուն է Գոգարանի խախտումը, որի կենտրոնական հստկվածին է հարում Սպիտակի երկրաշարժի աֆտերշոկային ակտիվությունը, վերջինս Արագած-Սպիտակի խախտման հետ հասվելուց հետո վերաբաշխվում է Հալավուրի խզմամբ:

Գոգարանի խախտմանն է հարում ոչ միայն Սպիտակի 1988 թ. երկրաշարժի ($M=7$), այլ նաև 1967 թ. ($M=5$) և 1978 թ. ($M=4$) երկրաշարժերի էպիկենտրոնները, որոնք ունեն օջախային մեխանիզմի համանման լուծումներ: Հալանաբար, գրանք հանդիսացել են Սպիտակի 1988 թ. երկրաշարժի վաղ նախադիպքերը:

Օդատիեզերական տեղեկություն Վերժանման տվյալները, սեյսմակրաբանական և սեյսմատեկտոնական տարրերի հետ մեկտեղ, վկայում են Բազում-Սևանի գոտու բեկվածքների հարավային թևի խորքային ակտիվացման մասին, որը տեղի է ունեցել գերադանցապես հորիզոնականին մոտ մերձմիջօրեական ուղղության սեղմման պայմաններում՝ Լեռնական սալի ղեպի հյուսիս շարժման հավանական սկստիվացման պատճառով:

A. S. KARAKHANIAN

THE FIELD, AERIAL AND SPACE INVESTIGATION RESULTS OF THE SPITAK EARTHQUAKE, 1988, ACTIVE FRACTURES AND SEISMOGENOUS DEFORMATIONS

A b s t r a c t

The field, aerial and space information application results on the Spitak earthquake seismogeological after-effects and realization conditions study are considered. The morphostructural description and kinematical characteristic of the seismogenous deformations, as well as the region general fractures (including the activated during the earthquake ones) are brought.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Карпетян Н. К. Механизм очагов землетрясений Леннаканского региона. — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987, № 1, с. 33—40.
2. Трифонов В. Г., Макаров В. И., Скобелев С. Ф. Аэрокосмические методы изучения современных и новейших тектонических процессов. М.: Наука. 1988. с. 87—100.
3. A. Clsteras, H. Philip, J. C. Bousquet, M. Cara, L. Dorbath, C. Dorbath, H. Haessler, E. Jimener, A. Nersessian, L. Rivera, B. Romanovic and S. Arefiev, B. Borisov, A. Corshkov, V. Cralzer, A. Guishian, A. Lander, A. Ragozhin, N. Shehalin. — The Spitak (Armenia) Earthquake of December 7, 1988; Field observations, Seismology and Tectonics. Strasbourg, (France), 1989. p. 13.
4. J. Filson, R. Borchardt, R. Sharp, D. Simpson, C. Langer, G. Sembera, C. Dietel, E. Granswick, C. Mueller, T. Noch, M. Andrews, G. Classmoyer, G. Maxwell, J. Seid, M. Kennedy, G. Jensen, J. Wan Snaach, A. Der Kingeghlan, C. Valdes, E. Granswick. — Results and data from Seismologic and Geologic studies following earthquakes of December 7, 1988, Near Spitak, Armenian SSR, Usa, 1989, p. 188.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 3, 24—34

УДК: 550.348.436:550.84 (479.25)

В. А. ИГУМНОВ, З. Г. СТЕПАНИАН

НЕКОТОРЫЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

В статье рассматриваются различные изменения гидрогеохимических и гидродинамических показателей на наблюдательных скважинах территории Армянской ССР, связанные со Спитакским землетрясением 07.12.1988 г.

Спитакское землетрясение 7.12.88 г. нарушило локальные поля напряжений на территории Армении. Об этом свидетельствуют также различные изменения в геофизических, гидродинамических, гидрогеохимических и других полях. После землетрясения было совершено