

# АНАЛИЗ МИКРОТЕКТОНИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОЧАГОВОЙ ЗОНЫ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1988 Г. И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

© 1997 г. А. В. Авагян

Институт геологических наук НАН РА  
375019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
Поступила в редакцию 10.02.97

В работе приводятся и анализируются микротектонические данные из очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988 г. и центральной части территории Республики Армения, с целью выяснения ориентировки полей палеотектонических напряжений, в том числе на основе компьютерной обработки. Эти исследования подтвердили, что региональная направленность палеосжатия близмеридиональна, а отклонения главным образом объясняются близостью к зонам активных разломов, служащих границами геодинамически подвижных блоков.

Микротектонические исследования проводились в рамках совместных работ между Институтом геологических наук НАНА и Университетом Монпелье II (Франция). Полевые исследования проводили Ф. Акто, В. Леонарди, С. Пистр (Франция) и А. Авагян (Армения). Исследовались тектонические деформации в масштабе от нескольких миллиметров до нескольких метров: микроразломы, микрогрещины и т. д. Они были измерены в 9-и пунктах в очаговой зоне Спитакского землетрясения, в 6-и пунктах в Араратской котловине, а также в 6-и пунктах в зоне Гарнийского разлома.

На тектонической схеме (рис. 1) и в таблице 1 показаны местонахождения пунктов измерений (географическое название местности, координаты, геологический возраст и тип пород).

Таблица 1

| Станции | Пункты замеров       | Координаты                                                 | Геологический возраст           | Породы                |
|---------|----------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1       | 2                    | 3                                                          | 4                               | 5                     |
| 4       | Гарнийский разлом    | $\varphi = 40^{\circ}20'20''$<br>$\lambda = 44^{\circ}39'$ | плиоцен-четвертичный            | риолит<br>обсидиан    |
| 5       | Гарнийский разлом    | $\varphi = 40^{\circ}20'$<br>$\lambda = 44^{\circ}38'50''$ | плиоцен-четвертичный            | риолит,<br>обсидиан   |
| 6       | Араратская котловина | $\varphi = 40^{\circ}13'$<br>$\lambda = 44^{\circ}33'30''$ | поздние<br>четвертичный         | базальт               |
| 7       | Араратская котловина | $\varphi = 39^{\circ}53'$<br>$\lambda = 44^{\circ}34'30''$ | верхний девон,<br>нижний карбон | известняк,<br>кварцит |
| 8       | Араратская котловина | $\varphi = 39^{\circ}50'$<br>$\lambda = 44^{\circ}41'30''$ | верхний девон,<br>нижний карбон | известняк             |
| 9       | Араратская котловина | $\varphi = 39^{\circ}54'$<br>$\lambda = 44^{\circ}41'30''$ | олигоцен                        | травертин             |
| 10      | Гарнийский разлом    | $\varphi = 40^{\circ}08'$<br>$\lambda = 44^{\circ}44'$     | четвертичный                    | базальт               |
| 11      | Гарнийский разлом    | $\varphi = 40^{\circ}07'$<br>$\lambda = 44^{\circ}44'60''$ | четвертичный                    | базальт               |

| 1   | 2                     | 3                                                          | 4                           | 5                     |
|-----|-----------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 12  | Гарнийский разлом     | $\varphi = 40^{\circ}08'30''$<br>$\lambda = 44^{\circ}47'$ | четвертичный                | базальт               |
| 13  | Гарнийский разлом     | $\varphi = 40^{\circ}08'30''$<br>$\lambda = 44^{\circ}47'$ | четвертичный                | базальт               |
| 14  | Аракатская котловина  | $\varphi = 40^{\circ}07'30''$<br>$\lambda = 43^{\circ}56'$ | плиоцен-четвертичный        | вулканическая брекчия |
| 15  | Аракатская котловина  | $\varphi = 40^{\circ}05'$<br>$\lambda = 44^{\circ}02'$     | четвертичный                | базальт               |
| 1   | Очаговая зона Спитака | $\varphi = 40^{\circ}49'$<br>$\lambda = 44^{\circ}13'$     | средний эоцен               | туфопесчаник          |
| 2.3 | Очаговая зона Спитака | $\varphi = 40^{\circ}51'30''$<br>$\lambda = 44^{\circ}14'$ | средний эоцен               | туфопесчаник          |
| 4   | Очаговая зона Спитака | $\varphi = 40^{\circ}50'$<br>$\lambda = 44^{\circ}11'$     | средний эоцен               | туфопесчаник          |
| 5   | Очаговая зона Спитака | $\varphi = 40^{\circ}47'20''$<br>$\lambda = 44^{\circ}12'$ | верхняя юра, нижний мел     | туфопесчаник          |
| 6   | Очаговая зона Спитака | $\varphi = 40^{\circ}45'20''$<br>$\lambda = 44^{\circ}12'$ | верхняя юра, нижний мел     | туфопесчаник          |
| 7   | Очаговая зона Спитака | $\varphi = 40^{\circ}44'$<br>$\lambda = 44^{\circ}12'$     | верх. плиоцен.-четвертичный | туфопесчаник          |
| 8   | Очаговая зона Спитака | $\varphi = 40^{\circ}50'40''$<br>$\lambda = 44^{\circ}23'$ | средний эоцен               | туфопесчаник          |
| 9   | Очаговая зона Спитака | $\varphi = 40^{\circ}48'$<br>$\lambda = 44^{\circ}29'$     | средний эоцен               | туфопесчаник          |

### Методы исследований

Для каждого пункта определялись:

а) список измерений (азимут простирания, наклон плоскости разлома, наклон штриховки и кинематика движений), диаграмма соотношений наклонов плоскостей разломов с наклонами штриховок (pandage-pitch), где наклон плоскости (pandage)—это угол падения плоскости разлома, а наклон штриховки (pitch)—это угол между горизонталью и направлением штриховки;

б) стереограмма, полученная с помощью компьютерной программы «Stereogramme» (любезно предоставленной лабораторией тектоники и геофизики Университета Монпелье II, Франция), которая позволяет размещать плоскости разломов на полусфере Шмидта;

в) изображение осей напряжений на нижней полусфере Шмидта, которое получено по методу оптимального напряжения;

г) решение, полученное с помощью компьютерной программы «Файл», созданной А. Этчекопаром (A. Etchecopar), также любезно предоставленной лабораторией тектоники и геофизики Университета Монпелье II (Франция), которая позволяет оценить состояние напряжений для определенного количества микроразломов: ориентации осей напряжений: сжатия, промежуточной и растяжения ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ );

д) изображение на круге Мога, а также гистограмма, показы-

вающая соответствие между реальными и рассчитанными штриховками.

### Образцы исследований микротектонических пунктов измерений

Пункты измерений под номерами 4, 5 и 10 (зона Гарнийского разлома) выбраны для демонстрации хода исследований (рис. 1).

*Пункт 4:* согласно диаграмме наклон-пик большая часть измерений расположена в области сдвига, за исключением двух случаев (измерения 1 и 2). Стереограмма показала, что все микроразломы (кроме 1 и 2) могут существовать в одной и той же кинематической ситуации осей напряжений, что доказывает изображение, полученное по методу оптимальных напряжений (рис. 1, изображения на полусфере Шмидта—4). Это означает, что мы имеем одну тектоническую фазу напряжений.

По изображению круга Мога имеется нормальное соответствие между отношениями  $T/\sigma_1$  и разломами, где  $T$ —это тангенциальный, а  $\sigma_1$ —нормальный компонент силы, действующей на плоскость разлома (надо отметить, что здесь не учтены измерения 1 и 2).

Гистограмма показала, что отклонения между наклонами штриховок дают хорошее решение.

Для измерений 1 и 2 можно отметить, что это может быть или следствием ошибок измерений, или отклонением траекторий напряжений. Подобные отклонения могут быть связаны или с активной деформацией, или со структурами, уже существующими, а также с существованием второй тектонической фазы. Последнее мало вероятно по причине малого количества данных, хотя оба микроразлома могут возникнуть при одной и той же ситуации напряжений.

Для этого пункта  $\sigma_1$  ориентирована горизонтально восток-запад,  $\sigma_3$ —север-юг и  $\sigma_2$ —вертикально (сдвиговой режим).

*Пункт 5:* мы имеем две тектонические фазы (рис. 1, изображения на полусфере Шмидта—5а, 5б). Для одной фазы  $\sigma_1$  ориентировано С-20-40°, а  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$  изменяют ориентацию вокруг  $\sigma_1$ . Это хорошо заметно на изображении, сделанном по методу оптимального напряжения (рис. 1). На решении по программе «Файл» это не видно, однако мы получаем те же результаты, принимая отношение  $R$ , которое почти равно 0: согласно принципу Ботта [4]

$$R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_2,$$

если

$$R = 0 \Rightarrow \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 = \sigma_3 = 0 \Rightarrow \sigma_2 = \sigma_3,$$

поэтому здесь определяется одноосевое напряжение.

Для фазы  $\sigma_1$ —вертикальна,  $\sigma_2$ —ориентирована на С-30° и  $\sigma_3$ —С-120° (режим растяжения).

На примере *пункта 10* выделяются 3 группировки микроразломов, которые соответствуют трем тектоническим фазам (рис. 1, изображения на полусфере Шмидта—10а, 10б, 10г). В одном случае  $\sigma_2$  имеет одну и ту же ориентацию (С-135-175°), а  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  меняют свои места, в другом случае  $\sigma_1$  остается постоянной (С-20-35°), а  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  меняют свои места.

На примере *пунктов 5, 6* могут быть выделены две тектонические фазы, здесь имеется множество случаев, когда при одной и той же ситуации наклона разлома и наклона штриховки, имеются противоположные подвижки.

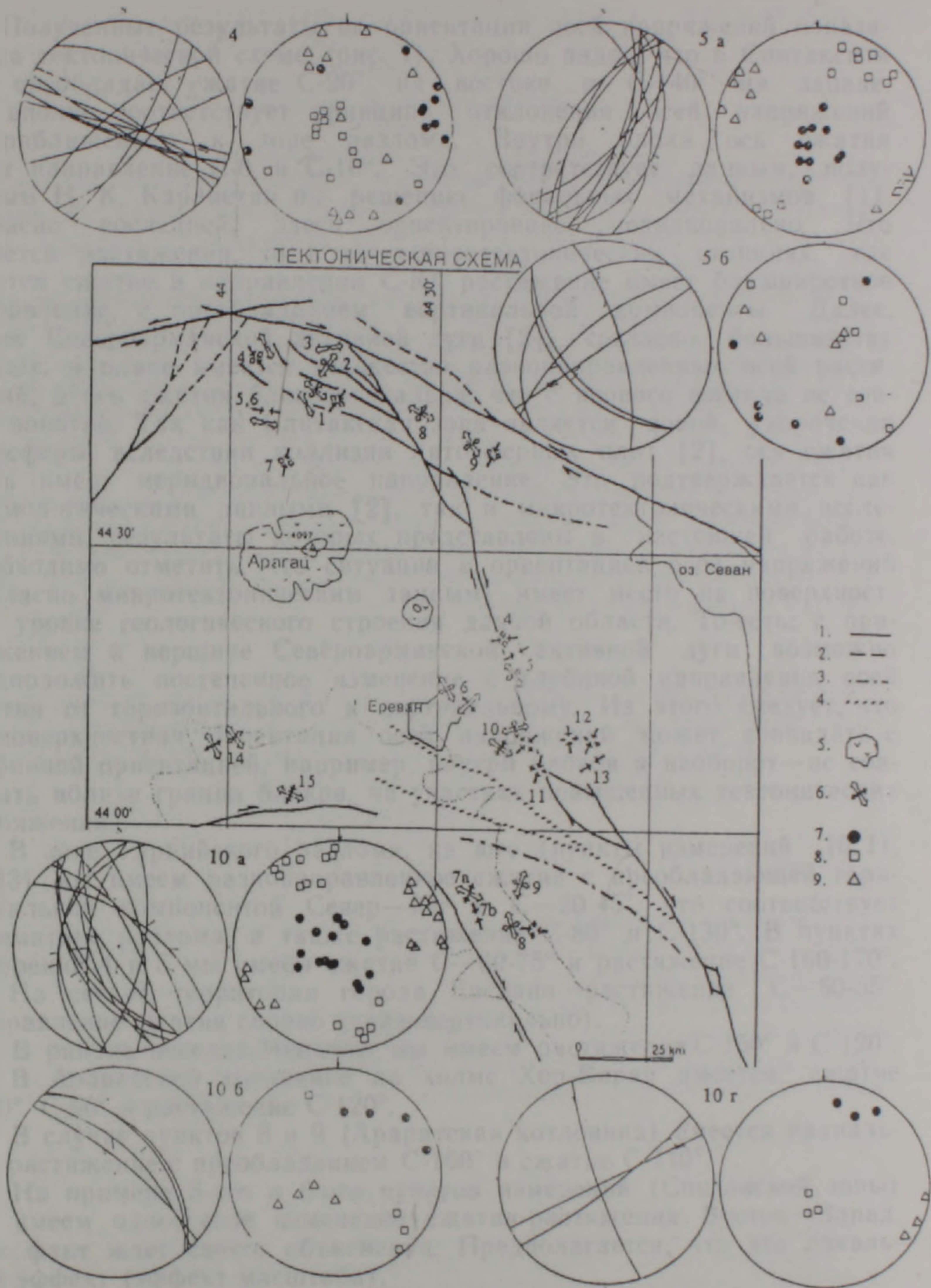


Рис. 1. Тектоническая схема с стереограммами и осями напряжений для пунктов измерений 4, 5, и 10 зоны Гарбийского разлома. Условные обозначения: 1 активные разломы, 2. предполагаемые активные разломы, 3. четвертичные разломы, 4. четвертичные скрытые разломы, 5. крупные вулканы, 6. оси напряжений, 7.  $\sigma_1$ , 8.  $\sigma_2$ , 9.  $\sigma_3$ .

## Тектоническая интерпретация данных и заключение

Полученные результаты по ориентации осей напряжений показаны на тектонической схеме (рис. 1). Хорошо видно, что в Спитакской зоне преобладает сжатие  $S-20^\circ$  на востоке и  $S-140^\circ$  на западе. Это вполне соответствует принципу отклонения осей напряжений с приближением к зоне разлома. Внутри блока ось сжатия имеет направление  $S-0$  и  $S-10^\circ$ . Это соответствует данным, полученным Н. К. Карапетян по решению фокальных механизмов [1]. Согласно последней, здесь ориентировано меридионально. Что касается растяжения, то в тех микротектонических станциях, где имеется сжатие в направлении  $S-Ю$ , растяжение имеет близширотное направление, с преобладанием вертикальной компоненты. Далее, южнее Североармянской активной дуги [2], согласно большинству данных, в плане имеется множество разнонаправленных осей растяжений, а ось сжатия близвертикальна, что с первого взгляда не совсем понятно. Так как Спитакская зона является зоной укорочения литосферы, вследствие коллизии литосферных плит [2], ось сжатия здесь имеет меридиональное направление. Это подтверждается как сейсмологическими данными [2], так и микротектоническими исследованиями, результаты которых представлены в настоящей работе. Необходимо отметить, что ситуация с ориентацией осей напряжений (согласно микротектоническим данным) имеет место на поверхностном уровне геологического строения данной области. То-есть: с приближением к вершине Североармянской активной дуги возможно предположить постепенное изменение с глубиной направления осей сжатия от горизонтального к вертикальному. Из этого следует, что приповерхностная ориентация осей напряжений может совпадать с глубинной ориентацией, например, внутри блоков и наоборот—не совпадать вблизи границ блоков, на участках повышенных тектонических напряжений.

В зоне Гарнийского разлома, на юге (пункты измерений 10, 11, 12, 13) мы имеем разнонаправленное сжатие с преобладающей горизонтальной компонентой Север—Юг и  $S-20-45^\circ$ , что соответствует кинематике разлома, а также растяжение  $S-80^\circ$  и  $S-130^\circ$ . В пунктах измерений 4 и 5 мы имеем сжатие  $S-60-75^\circ$  и растяжение  $S-160-170^\circ$ .

На севере территории города Еревана—растяжение  $S-50-55^\circ$ . Направление сжатия спорно (квазивертикально).

В районе поселка Мецамор мы имеем растяжение  $S-150^\circ$  и  $S-120^\circ$ .

В Араратской котловине на холме Хор-Вирав имеется сжатие  $S-20^\circ$ ,  $S-60^\circ$  и растяжение  $S-120^\circ$ .

В случае пунктов 8 и 9 (Араратская котловина) имеется радиальное растяжение с преобладанием  $S-160^\circ$  и сжатие  $S-110^\circ$ .

На примере 5-ого и 6-ого пунктов измерений (Спитакской зоны) мы имеем одноосевое изменение сжатия-растяжения Восток—Запад. Этот факт ждет своего объяснения. Предполагается, что это локальный эффект (эффект масштаба).

Автор приносит свою искреннюю благодарность Ф. Арто, О. Филиппу, Ж. К. Грио, Д. Карбону, Дж. Рицу, В. Леонарди, А. Караханяну за помощь в проделанной работе и в подготовке настоящей статьи.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՏԱՐԱԾՔԻ ԿԵՆՏՐՈՆԱԿԱՆ ՄԱՍԻ ՆՎ 1988 թ.  
ՍՊԻՏԱԿԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ՕՋԱԽԱՅԻՆ ԶՈՆԱՅԻ ՄԻԿՐՈՏԵԿՏՈՆՈՒԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ  
ԱՆԱԼԻԶ

Ա. Վ. Ավագյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում պալեոտեկտոնական լարվածությունների դաշտի կողմնորոշվածությունը պարզելու համար անալիզի են ենթարկված ՀՀ տարածքի կենտրոնական մասի և 1988 թ. Սպիտակի երկրաշարժի օջախային զոնայի միկրոտեկտոնական տվյալները: Դաշտային աշխատանքները իրականացվել են Ֆ. Ախտոի, Վ. Լեոնադզի, Ս. Պիստղի (Ֆրանսիա, Մոնպելիե II համալսարան) և Ա. Ավագյանի (ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ) կողմից: Ուսումնասիրվել են մի քանի միլիմետրից մինչև մի քանի մետր չափսերի տեկտոնական դեֆորմացիաները՝ միկրոխզվածքներ, միկրոճեղքեր և այլն, որոնք չափադրվել են Սպիտակի երկրաշարժի օջախային զոնայի 9 տեղամասերում, Արարատյան գոգավարության 6 տեղամասերում և Գառնու ակտիվ խզման զոնայի 6 տեղամասերում: Տվյալները հեղինակի կողմից ուսումնասիրվել են մի շարք մեթոդներով, այդ թվում՝ համակարգչային հատուկ ծրագրերի օգնությամբ: Այդ ուսումնասիրությունները ցույց տվեցին, որ պալեոսեղմման ռեգիոնալ ուղղությունը մերձմիջօրեական է, իսկ շեղումները գլխավորապես բացատրվում են գեոդինամիկորեն շարժուն բլոկների սահմաններ հանդիսացող ակտիվ խզումներին մոտ տեղադրվածությամբ:

ANALYSIS OF MICROTECTONIC DATA OF THE FOCUS ZONE  
OF THE 1988 SPITAK EARTHQUAKE AND THE CENTRAL PART  
OF THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

A. V. Avagyan

Abstract

The paper presents and analyzes the microtectonic data from the focus zone of the 1988 Spitak earthquake and the central part of the territory of the Republic of Armenia, aimed to revealing of the palaeotectonic stress fields' orientations, including application of the computer processing. These investigations confirmed that the regional orientation of palaeocompression is primarily explained by the fact that they were close to active faults zones, which were geodynamically mobile units' boundaries.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карапетян Н. К. Сейсмогеодинамика и механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья. Ереван: Изд. АН Армянской ССР, 1990, 261 с.
2. Arthaud F., «Methode de determination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement et intermediaire d'une population de failles». Bull. Soc. Geol., 1969, Fr., 11, pp. 729—737.
3. Bles J.-L., Feuga B. «La Fracturation des roches» Orleans: BRGM, 1981, 123.2.
4. Karakhanian A. S. «The active faults of the Armenian Apland». Proceeding of the Scientific Meeting on Seismic Protection, Venice, 1993, pp. 88—93.
5. Mercier J., Vergely P., «Tectonique». Paris: Dunod, 1992, 214 p.