

Твиннит, как и дюфренуазит, был диагностирован на основании состава, определенного на рентгеноспектральном микроанализаторе. Результаты исследований показали, что он близок к твинниту, установленному Н. Н. Мозговой и др. [3] на месторождении Новое, и несколько отличается от твиннита месторождения Руевац, в Югославии [7] (табл. 1).

Таким образом, в рудах Марджанского месторождения впервые на территории Армянской ССР установлены дюфренуазит и твиннит—мышьяковые сульфосоли свинца.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 9. VII. 1986.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Бородаев Ю. С.* Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ.—В кн.: *Лабораторные методы исследований минералов, пород и руд.* М.: Изд. МГУ, 1979, с. 7—82.
2. *Кукуляк М. А.* Геологическое строение и условия формирования Марджанского полиметаллического месторождения.—*Геология рудных м-ний*, 1985, № 2, с. 52—62.
3. *Мозгова Н. Н.* и др. О новой находке ассоциации мышьяковых сульфосолей свинца (месторождение Новое, Хайдарканское рудное поле).—*ДАН СССР*, 1979, т. 248, № 2, с. 447—452.
4. *Минералы.* Справочник. т. I. М.: Изд. АН СССР, 1960. 615 с.
5. *Heinrich K. F. J.* X ray absorption uncertainty—*The electron microscope*, N.—Y., 1956, 385 p.
6. *Jambor J. L.* New lead sulfoantimonides from Madoc Ontario, Pt. 2, *Mineral Descriptions. Can. Miner.*, 1967, v. 9, pt. 2, p. 191—213.
7. *Moelo Y., Borodaev Y., Mozgova N.* Association twinnite-religmanite-plagionite du gisement complex a Sb—Pb—Zn de Rujevac (Yugoslavia).—*Bull. Miner.*, 1983, 106, p. 505—510.
8. *Springer C.* Die Berechnung von Korrekturen für quantitative Elektronen—*Strahl-Mikroanalyse.*—*Forstsch. Miner.*, Bd. 45, H. 1, 1957, s. 70—86.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле. XL. № 2, 69—74, 1987

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.348.436 (479.25)

Ю. Р. БАГДАСАРЯН

#### ГРУППИРОВАНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР И НЕКОТОРЫХ ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ

Как известно, при исследовании сейсмического режима любого сейсмоактивного района первостепенное значение придается графикам повторяемости землетрясений. Несмотря на то, что параметры этих графиков характеризуют упругие и реологические свойства земной коры, а также прирост деформаций в ней, они никакой существенной информации не дают о групповых проявлениях землетрясений.

Явление группирования землетрясений свойственно сейсмическим режимам, очаги которых находятся в земной коре. При больших и средних глубинах оно встречается редко. Надо отметить, что если не все, то подавляющее большинство землетрясений Кавказа и Армянского нагорья являются коровыми [4], что и позволяет изучать закономерности группирования землетрясений в наблюдаемом районе (рис. 1).

Как показывают исследования [1, 3] разных сейсмических поясов нашей планеты—Японии, Прибайкалья, Средней Азии, Кавказа

и др., частота и характер проявления групп землетрясений существенно разные. Иногда эта частота настолько велика, что усложняет исследования сейсмического режима. Поэтому, целесообразен поиск более простого аналога сейсмического режима, который являлся бы упрощенной формой и выражал основные черты пространственно-временной характеристики исследуемого режима.

Исходной является следующая классификация групп землетрясений: 1. Форшоковый процесс, основной толчок, афтершоковый процесс. 2. Основной толчок, афтершоковый процесс. 3. Форшоковый процесс, основной толчок (встречаются у фоновых землетрясений). 4. Рой землетрясений.

В приведенной классификации под «процессом» подразумевается даже одно землетрясение, которое предшествует или последует основному толчку. Таким образом, каждую группу можно представить в виде  $A_{ij}$  ( $i=0, 1, \dots, n$ ;  $j=0, 1, \dots, m$ ), где  $i, j$  соответственно числа землетрясений до и после главного удара. Очевидно, что после выделения групп землетрясений  $A_{ij}$  можно строить  $[n \times m]$ —мерную матрицу, которая характеризовала бы количественное представление групп землетрясений по величине группы.

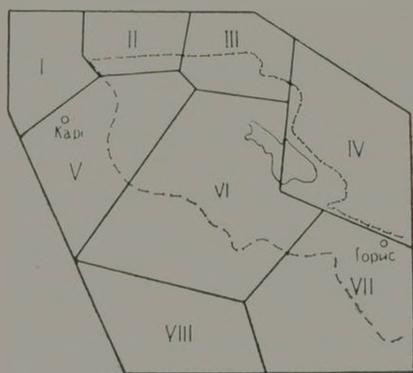


Рис. 1. Рассматриваемый район ( $\Sigma$ ) и его 8 подрайонов.

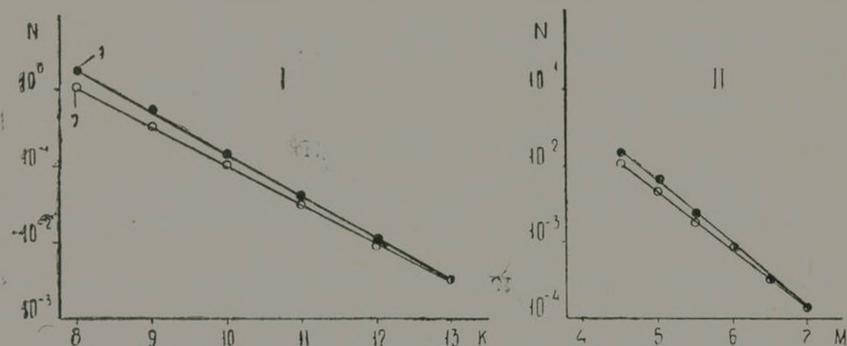


Рис. 2. Графики повторяемости землетрясений. I—район ( $\Sigma$ ), II—Кавказ и Армянское нагорье, 1—для всех землетрясений, 2—для основных землетрясений.

В настоящей работе на основании десятилетних наблюдений (1973—1982 гг.) рассматриваются некоторые вопросы группирования землетрясений на территории АрмССР и некоторых прилегающих районов, ограниченной географическими координатами ( $41^{\circ},5, 42^{\circ},5; 41^{\circ},5, 45^{\circ},0; 40^{\circ},7; 46^{\circ},7; 38^{\circ},5, 46^{\circ},7; 38^{\circ},5; 43^{\circ},5; 40^{\circ},2, 42^{\circ},5$ ). Как видно из рис. 1, наблюдаемый район ( $\Sigma$ ) подразделен на восемь подрайонов. Основой такого подразделения служила методика о

пространственно-временном изменении сейсмического фона и его плотности [5]. А выбор срока наблюдений обусловлен разрешающей способностью сейсмической сети АрмССР. До 1973 г. в республике действовали всего четыре сейсмические станции. Представительность регистрации землетрясений была слишком низка. С вводом сейсмических станций «Каджаран» и «Кармракар» в 1973 г., а затем «Мецамор» в 1974 г. резко повысилась представительность землетрясений, особенно в южных районах республики. В дальнейшем сейсмическая сеть АрмССР бурно развивалась и в настоящее время на ее территории действуют пятнадцать сейсмических станций.

Методика группирования землетрясений подробно описана в [1]. По этой методике произведено группирование 5159 землетрясений для всей территории и восьми подрайонов. Однако, сравнение размеров очагов землетрясений проводилось не по [1], а по формулам, полученным для территории Кавказа [6]. Все результаты группирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение числа землетрясений и суммарной сейсмической энергии для всей территории и восьми подрайонов за период наблюдений 1973—1982 г. Значения параметров  $\alpha$  и  $\beta$  прямой линии  $\lg m_N = \alpha - \beta \lg N$

Подрайон	Энергет. класс	Классификация и распределение землетрясений						Суммарная сейсмическая энергия $\times 10^{13}$ Дж			$\alpha$	$\beta$
		все	одиночные	групповые	групповые %	основные	основные %	все	основные	основные %		
I	8	333	74	259	78	90	27	4,130	2,720	66	1,87	2,2
II	6	1861	755	1106	59	956	51	1,260	1,120	88	2,87	2,5
III	6	595	419	176	30	495	83	0,015	0,014	93	2,62	3,5
IV	7	450	325	125	28	362	80	1,380	1,240	90	2,51	3,3
V	7	337	295	42	12	307	91	0,044	0,030	68	2,47	4,1
VI	7	442	389	53	12	412	93	0,220	2,000	90	2,59	4,4
VII	7	251	180	71	28	195	78	0,531	0,349	66	2,25	3,2
VIII	8	890	258	632	71	299	34	1013	1002	98	2,41	2,3
(2)	6	5159	2695	2464	48	3116	60	1036	1009	97	3,52	2,9

В графах табл. 1 представлены: 1—номера рассматриваемых районов, согласно рис. 1, 2—нижний предел энергетического класса рассмотренных землетрясений, с чего началось группирование, 3—распределение числа всех землетрясений по районам, 4—число одиночных землетрясений, т. е. землетрясения, которые генетически не связаны с другими землетрясениями, 5 и 6—число и процент групповых землетрясений, 7 и 8—число и процент основных землетрясений (сумма одиночных и взятых по одному из каждой группы землетрясений; очевидно, что с любой группы берется землетрясение с наибольшим энергетическим классом, а при роях—любое из них), 9, 10 и 11—нормированное суммарное количество выделенной сейсмической энергии и доля энергии основных землетрясений в нем. Данные о параметрах  $\alpha$  и  $\beta$  приводятся в табл. 1.—Как видно из этой таблицы, процент групповых землетрясений колеблется в пределах от 12 до 78. Он высок особенно в подрайонах I, II, VIII. Однако заметим, что самые крупные сейсмические события со своими длительными афтершоковыми периодами приходятся на эти подрайоны. Из них следует отметить Ванское землетрясение 24.11.1976 г. с магнитудой  $M=7$ ; Ардаганское—25.03.1976 г. с  $M=5$  и Дманисское—0.2.01.1978 г. с  $M=5,3$ . Процент основных землетрясений высок в подрайонах III—VII. И это не слу-

чайно, поскольку сейсмический режим этих районов за наблюдаемый период носил сравнительно стационарный характер. Сравнение суммарной сейсмической энергии групповых и основных землетрясений показывает, что подавляющая доля затраченной энергии падает на основные землетрясения, т. е. главные сейсмические процессы в очаговых зонах происходят через основные землетрясения, а «вторичные» как-бы «помогают» и сопровождают эти процессы. Значения параметра  $\gamma$  графиков повторяемости всех и основных землетрясений очень близки. На рис. 2 представлены графики, которые строились по методу суммирования для всей исследуемой территории ( $\Sigma$ ) за наблюдаемый 10-летний период и для Тавро-Кавказского региона на уровне сильных землетрясений с 36-летним сроком наблюдений. Наглядно видна близость этих графиков. Одновременно, сравнение карт эпицентров основных и всех землетрясений показывает, что кроме плотности эпицентров между ними существенной разницы не наблюдается, т. е. пространственное распределение эпицентров всех и основных землетрясений можно считать одинаковым. Таким образом, через группирование в пространстве всех землетрясений выделяется подпространство основных землетрясений, которое является своеобразным базисом, т. е. остальные землетрясения просто являются следствиями базисных землетрясений. Следовательно, полученные подпространства основных землетрясений для всех подрайонов и всей территории, которые выражают основные черты пространственно-временной характеристики и носят преобладающую часть затраченной сейсмической энергии, являются простыми аналогами исследуемых сейсмических режимов.

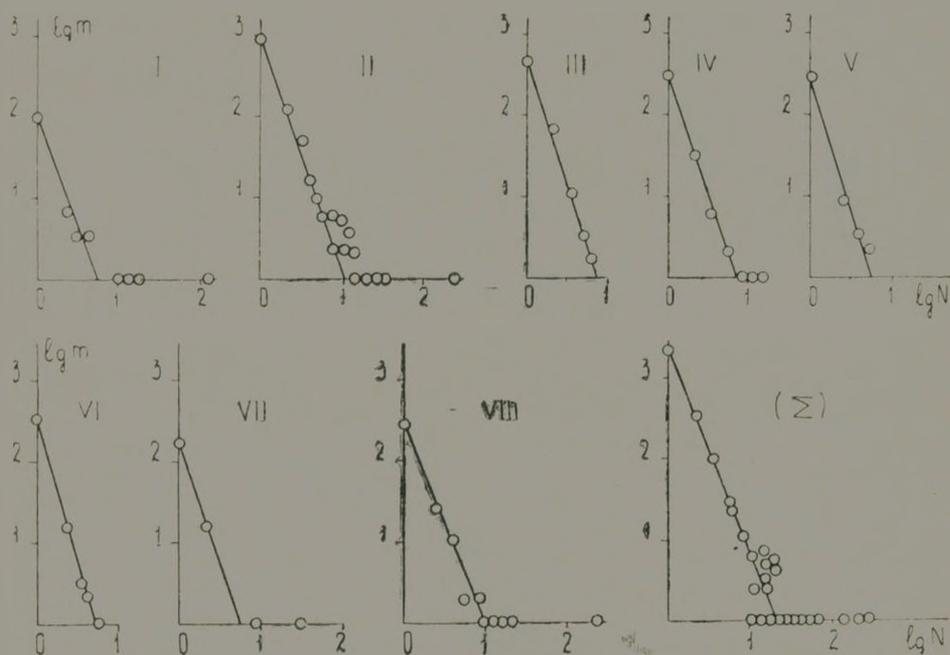


Рис. 3. Распределение групп землетрясений по величине группы для выделенных восьми подрайонов и района ( $\Sigma$ ).

В работе [1] показано, что распределение групп землетрясений по величине группы можно представить в виде  $\lg m_{\Delta} = \alpha - \beta \lg N$ , где  $N$  — число землетрясений в группе,  $m_{\Delta}$  — число групп с  $N$ -ым числом землетрясений,  $\alpha$  — число одиночных землетрясений в десятичных логарифмах, а  $\beta$  определяется по формуле:

$$q(\beta) = \xi(\beta) / \xi(\beta - 1).$$

где  $\xi(\beta)$ —дзета функция Римана. Зная конкретное значение  $\beta$  для данной территории, при помощи соотношения

$$P(N \geq N_0) = \sum_{N_0}^{\infty} N^{-\beta} \xi(\beta)$$

можно определить вероятность появления группы с  $N \geq N_0$ . Как справедливо отмечает В. Н. Гайский [1], она имеет большое практическое значение, так как после сильных землетрясений, как правило, афтершоки разрушают частично разрушенные сооружения и т. п.

В табл. 1 приведены значения параметров  $\alpha$  и  $\beta$  распределения  $\lg m_N = \alpha - \beta \lg N$  рассматриваемых режимов, а на рис. 3—графики этих распределений. Как видно из рис. 3, теоретические линии хорошо изображают экспериментальный материал, т. е. распределение числа групп по величине группы для всех наблюдаемых районов подчиняется степенному закону. Однотипный график, но уже для Тавро-Кавказского региона на уровне землетрясений с магнитудой  $M \geq 4,5$  представлен на рис. 4. Из 883 землетрясений, происшедших в регионе за период 1902—1981 гг., 327 являются групповыми, а параметры  $\alpha$  и  $\beta$  получают соответственно значения, равные 2,75 и 3.

Естественно ожидать, что после группирования дисперсия сейсмического процесса уменьшается. Полученные подпространства основных землетрясений для восьми подрайонов, всей территории и Тавро-Кавказского региона фактически являются потоками простейших событий. Чтобы убедиться в этом, достаточно провести сравнение экспериментальных частот землетрясений с теоретическими распределениями Пуассона и Пойя. На рис. 5 в качестве примера приведены два

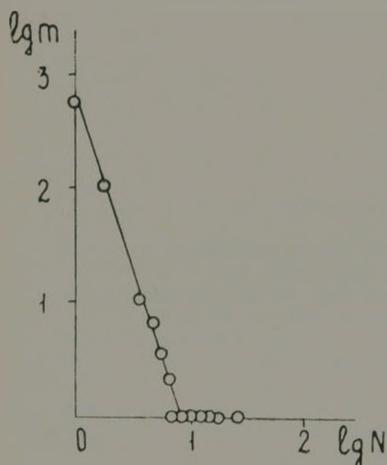


Рис. 4. Распределение групп землетрясений по величине группы (Кавказ и Армянское нагорье).

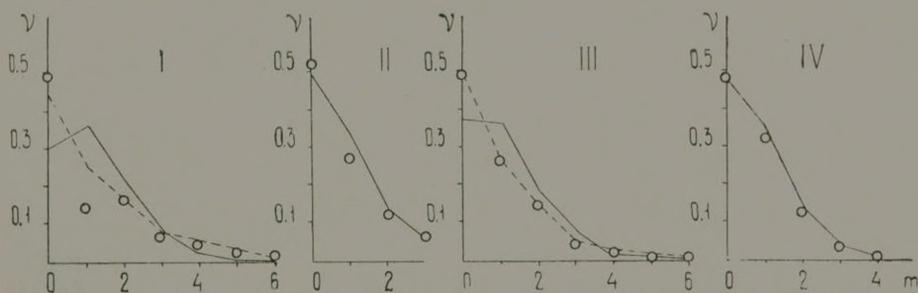


Рис. 5. Сравнение экспериментальных частот землетрясений с теоретическими распределениями Пуассона и Пойя. I, II—район (Σ), III, IV—Кавказ и Армянское нагорье. I, III—для всех землетрясений, II, IV—для основных землетрясений Сплошная линия—распределение Пуассона, пунктир—Пойя.

таких сравнения. В них изображено распределение трехмесячных частот землетрясений с энергетическим классом  $K \geq 11,5$ , наблюдавшихся в районе ( $\Sigma$ ) за период 1973–1982 гг., и приведено сравнение с теоретическими распределениями Пуассона и Пойя. То же самое сделано для месячных чисел землетрясений с магнитудой  $M \geq 4,5$  Тавро-Кавказского региона на основании 80-летних (1902–1981 гг.) наблюдений. В совокупности всех землетрясений (до группирования) критерий  $\chi^2$  при 5%-ом уровне значимости приводит к противоречию с гипотезой Пуассона, а правдоподобности о следовании экспериментальных частот к распределению Пойя принимается. Последнее указывает на наличие связи между событиями. Но в совокупности основных землетрясений такое явление не наблюдается, т. е. распределение основных землетрясений можно описать распределением Пуассона. А, как известно [2], оно является математической моделью потока простейших событий.

В заключение можно отметить, что через группирование землетрясений получены подпространства основных землетрясений для сейсмических режимов 10 районов. Эти подпространства являются потоками простейших событий, выражают основные черты пространственно-временной характеристики исходных режимов и на практике легко используемы. Полученные конкретные значения параметра  $\beta$  рассматриваемых районов могут быть использованы при сейсмическом районировании этих территорий.

Институт геофизики и  
инженерной сейсмологии  
АН АрмССР

Поступила 14. XI. 1984.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гайский В. Н. Статистические исследования сейсмического режима. М.: Наука, 1970, с. 79–95.
2. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике (на арм. языке). Ереван: Изд. Луйс, 1979, 94 с.
3. Джигладзе Э. А. Энергия землетрясений, сейсмический режим и сейсмогенетические движения Кавказа. Тбилиси: Изд. Мецниереба, 1980, с. 99–100.
4. Джигладзе Э. А., Натенадзе Э. Н. Сейсмический режим Кавказа за 1962–1978 гг.—В кн.: Сейсмический бюллетень Кавказа 1978. Тбилиси: Изд. Мецниереба, 1981, 215 с.
5. Нерсесов Н. Л., Пономарев В. С., Кучай В. К. Особенности пространственного распределения сейсмического фона.—В кн.: Поиск предвестников землетрясений на прогностических полигонах. М.: Наука, 1974, с. 119–131.
6. Ризниченко Ю. В., Джигладзе Э. А., Болквадзе Н. Н. Спектры колебаний и параметры очагов землетрясений Кавказа.—В кн.: Исследования по физике землетрясений. М.: Наука, 1976, с. 74–85.