

ՀԱՅԿՍՏԱՆԻ ՍՍՀ ԲՆԱՏԱՐԱՇՔԻ ԱՍԲԵՏԱՐԵՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԻ  
ԳՆԱՀՍՏՈՒՄԸ ԵՎ ՈՐՈՆՈՂԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՈՐՎՂՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. մ. փ. փ. ո. մ.

Հողվածում բրիգոտիլ-ասբեստային հանքայնացման սեզիոնալ գործոնների հիման վրա գրականապես են գնահատվում Սևան-Աքերայի օֆիոլիտային գոտու ուլտրամաֆիտների ասբեստաբերության հետանկարները, որտեղ հնարավոր է համարվում բրիգոտիլ-ասբեստի փոքր (մինչև 1 մլն. տ) և միջին (մինչև 5 մլն. տ) հանքավայրերի հայտնաբերումը:

N. S. KORCHAGINA

THE ARMENIAN SSR TERRITORY ASBESTIFEROUSNESS  
PERSPECTIVES ESTIMATION AND PROSPECTING ORIENTATION

A b s t r a c t

On the basis of chrysotile-asbestos mineralization regional factors the Sevan-Akera ophiolite belt ultramafites asbestiferousness perspectives are positively estimated. The possibility of finding the small (up to 1 mln. tons) and middle (up to 5 mln. tons) chrysotile-asbestos deposits are considered.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абовян С. Б., Корчагина Н. С. Формационная принадлежность ультраосновных пород Севано-Амасийского и Вединского офиолитовых поясов Арм ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, № 2, с. 20.
2. Золоев К. К. Месторождения хризотил-асбеста в гипербазитах складчатых областей. М.: Недра, 1975, 192 с.
3. Золоев К. К., Шмаина М. Я., Чемякин В. И., Баица К. Т. Поиски, разведка и промышленная оценка месторождений хризотил-асбеста. М.: Недра, 1979, 92 с.
4. Колбанцев Р. В. Асбестоносные гипербазитовые провинции СССР.—В кн.: Асбесты СССР, вып. 1, М.: Недра, 1974, с. 19—32
5. Паланджян С. А. Петрология гипербазитов и габброндов Севанского хребта. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1973, 200 с.
6. Сатиан М. А. Позднемслловый литогенез офиолитовых зон Армянской ССР. Ереван: Изд. АН Арм ССР, 1979, 179 с.
7. Хаин В. Е. Общая геотектоника. М.: Недра, 1973. 511 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 2, 50—56, 1987

УДК: 550.348.436.06

ՈՒ. Կ. ԿԱՐԱՔԵՏՅԱՆ

МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРДАХАН-КАРС-  
-ХОРАСАНСКОГО РЕГИОНА

В статье приводятся результаты изучения механизма очагов землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона. Определены ориентации двух возможных плоскостей разрывов, компоненты подвижки в этих плоскостях и направления осей главных напряжений в очагах землетрясений региона.

В результате исследования механизма очага разрушительного Эрзурум-Карсского землетрясения установлено, что эпицентр этого землетрясения не приурочен ни к одному из линейментов, выявленных по космическим снимкам.

Ардахан-Карс-Хорасанский регион занимает территорию, ограниченную параллелями 39,5° и 41,5° северной широты и меридианами 42° и 43,5° восточной долготы. Этот регион издавна известен как сейсмически активный. Первые сведения о землетрясениях региона относятся к 995 году [5].

Нами построены карты эпицентров землетрясений региона за периоды с 995 по 1900 гг. (рис. 1а), с 1901 по 1950 гг. (рис. 1б) и с 1951 по 1980 гг. (рис. 1в). В первый период с 995 по 1900 гг. землетрясения проходили в основном в районах Карса, Каракёсе и Тмогви. Всего в этот период насчитывается 25 землетрясений с  $M \geq 4$ . Во второй период (с 1901 по 1950 гг.) район Карса остается сильно сейсмоактивным, становится сейсмоактивным район Ардастана, усиливается сейсмическая активность северо-восточной оконечности региона. В указанный период произошло 37 землетрясений, из которых 30 являются основными толчками. Третий период (с 1951 по 1980 гг.) характерен землетрясениями с магнитудой  $M < 5$ . В регионе произошло одно единственное землетрясение с магнитудой  $M = 5$  в районе Ардастана 29 апреля 1976 г. В этот период в регионе произошло 44 землетрясения силой 5 баллов и более. При этом 33 землетрясения были основными толчками.

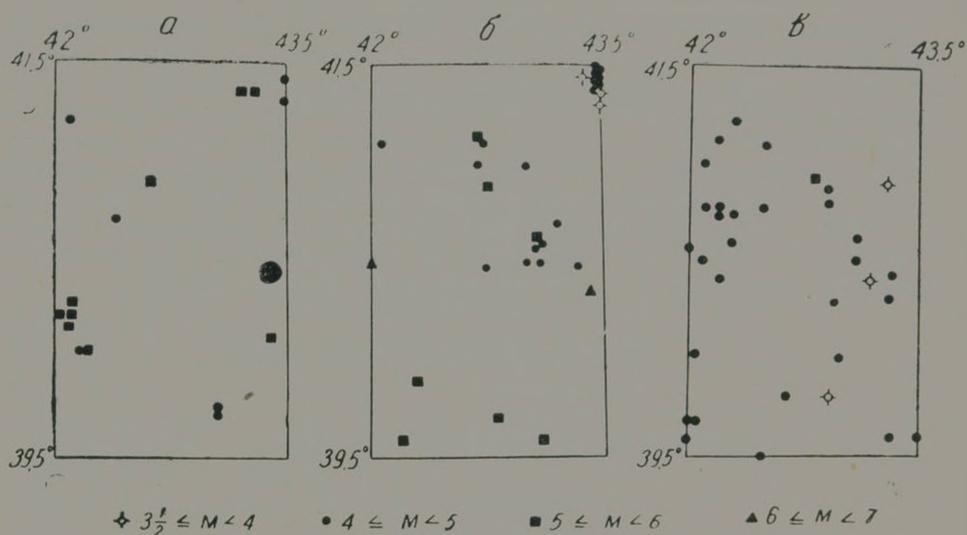


Рис. 1. Карты эпицентров сильных землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона за периоды: а—995—1900, гг.; б—1901—1950, гг.; в—1951—1980 гг.

30 октября 1983 г. в пограничной зоне с Эрзинджап-Бингёльским регионом произошло самое крупное землетрясение ( $M = 6\frac{3}{4}$ ) в регионе за все историческое время—Эрзурум-Карское землетрясение.

Нами изучены механизмы очагов землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона. При этом 9 землетрясений были основными толчками, а 9—афтершоками или форшоками. Основные данные об этих землетрясениях приведены в табл. 1, где указывается также является ли данное землетрясение форшоком или афтершоком. В случае основного толчка дается название землетрясения или район, где оно имело место.

При изучении механизма очагов землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона использован метод, основанный на теории дислокаций [3]. Все построения велись на сетке Вульфа в проекции верхней полусферы. Определены ориентации двух возможных плоскостей разрывов, компоненты подвижки в этих плоскостях, а также ориентации осей главных напряжений в очагах землетрясений этого региона. Полученные результаты сведены в табл. 2.

Проведено сопоставление полученных результатов с тектоникой региона [4] и с линеamentами, выявленными по космическим снимкам [1].

Первое из рассмотренных землетрясений произошло 29 марта 1961 г. в районе Мерденика. Вследствие малочисленности данных

возможны три варианта проведения подалыных линий по первым смещениям в продольной волне. В качестве решения нами выбран первый вариант, как наиболее соответствующий тектонике этого региона. В очаге произошел круто ( $e=80^\circ$ ) падающий к юго-востоку разрыв, азимут простираания которого равен  $50^\circ$ . Линсамент, к которому приурочен эпицентр этого землетрясения, имеет азимут примерно  $58^\circ$  и с осью сжатия составляет угол  $54^\circ$ . Ось сжатия ориентирована в меридиональном, ось нулевых напряжений—в близмеридиональном, а ось растяжения—в широтном направлениях. При этом оси сжатия и растяжения горизонтальны. Подвижка по разрыву в очаге этого землетрясения имеет характер левостороннего сдвига со значительной долей сброса.

Западнее Мерденека на расстоянии 20—30 км в районе Олту расположены эпицентры рассмотренных землетрясений 25 мая 1968 г., 21 апреля 1976 г. и 25 апреля 1980 г. Азимут простираания разрыва в очаге этих землетрясений получился равным  $40-45^\circ$ , а угол, составленный плоскостью разрыва с горизонтальной плоскостью— $52-72^\circ$ . Подвижка по разрыву в очагах землетрясений 25 мая 1968 г. и 25 апреля 1980 г. имела характер левостороннего сдвига, а в очаге землетрясения 21 апреля 1976 г.—сброса со значительной компонентой левостороннего сдвига. Во всех трех случаях оси сжатия ориентированы в меридиональном, а оси растяжения—в широтном направлениях. Но в указанных выше двух первых случаях (25.V. 1968 г. и 25.IV. 1980 г.) как оси сжатия, так и растяжения направлены горизонтально, в то время как при третьем землетрясении ось сжатия направлена вертикально, а ось растяжения—горизонтально.

Основные параметры землетрясений

Таблица 1

№, № п/п	Дата и время возникновения землетрясения	Координаты эпицентра		Глубина	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
		$^\circ N$	$^\circ E$				
1.	29/III 1961 07 29	40 47	42 30	10	$4^{1/2}$		Мерденека
2.	9/X 1963 04 36	40 00	43 00	20	$4^{1/2}$	12	Кагызмана
3.	25/V 1968 00 29	40 44	42 12	10	$4^{3/4}$	12	Олту
4.	26/V 1968 05 34	40 46	42 14	15	$4^{1/4}$	11—12	Афтершок зем-ия в Олту
5.	22/III 1972 00 51	40 24	42 12	15	$4^{1/2}$	12	Сарыкамьша
6.	21/II 1973 00 24	40 18	42 18	15	$3^{3/4}$	10—11	Афтершок зем-ия в Сарыкамьше
7.	25/III 1976 11 55	41 01	42 57	10	$4^{3/4}$	12—13	Форшок Ардаханского землетрясения
8.	21/IV 1976 21 58	40 46	42 06	25	$4^{1/4}$	11—12	Олту
9.	29/IV 1976 22 18	40 55	42 49	5	5	13	Ардаханское II
10.	29/IV 1976 23 23	40 50	42 53	10	$4^{1/2}$	12	Афтершок Ардаханского землетрясения
11.	4/VI 1976 05 08	40 19	42 56	15	$4^{1/2}$	12	—
12.	6/II 1977 04 49	40 48	42 55	10	$3^{3/4}$	11	—
13.	25/IV 1980 00 57	40 44	42 18	10	4	11	Олту
14.	1/VI 1980 22 46	40 09	41 59	10		10—11	Арасана
15.	30/X 1983 04 12	40 20	42 11	12	$6^{3/4}$		Эрзурум-Карское
16.	30/X 1983 08 13	40 27	42 18	10	$4^{1/4}$		Афтершок Эрзурум-Карского зем-ия
17.	30/X 1983 09 31	40 14	42 04	10		10	—
18.	30/X 1983 12 40	40 20	42 10	17	$5^{1/4}$		—

Землетрясение 25 мая 1968 г. сопровождалось 26 мая 1968 г. афтершоком с магнитудой  $M=4^{1/4}$ , механизм очага которого сильно отличается от механизма очага основного толчка, а именно разрыв в очаге ориентирован в меридиональном направлении, подвижка по разрыву—сброс, оси сжатия и растяжения ориентированы в широтном направлении под углом  $40-48^\circ$  к горизонту, а ось промежуточно-

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений  
Ардахан-Карс-Хорасанского региона

№ п.п.	Дата и время возникновения землетрясения число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжения					
		вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки		сжатия		промежуточное		растяжения	
		$A^\circ$	$e^\circ$	по простиранию	по падению	$A^\circ$	$e^\circ$	по простиранию	по падению	$A^\circ$	$e^\circ$	$A^\circ$	$e^\circ$	$A^\circ$	$e^\circ$
1.	29/III 1961 07 29	140	80	-0,86	-0,51	236	60	+1,00	-0,03	184	28	33	58	282	14
		310	30	-0,82	-0,57	71	74	+0,39	-0,92	42	55	168	24	270	26
		314	80	-0,98	+0,19	222	80	+0,98	+0,19	178	0	88	75	268	15
2.	9/X 1963 04 36	304	24	-0,10	-0,99	310	66	+0,04	+1,00	129	21	219	2	315	69
3.	25/V 1968 00 29	313	72	-1,0	-0,07	44	86	+0,95	-0,31	0	15	146	72	268	9
4.	26/V 1968 05 34	94	86	-0,20	-0,98	202	12	+0,95	-0,33	106	48	3	11	263	40
5.	22/III 1972 00 51	5	80	-0,97	+0,24	97	76	-0,98	-0,18	142	3	239	72	51	17
6.	21/II 1973 00 24	4	50	+1,00	+0,04	96	88	-0,77	+0,64	314	25	188	49	58	29
7.	25/III 1976 11 55	127	80	-0,87	+0,50	31	60	-0,98	-0,19	346	13	233	58	83	29
8.	21/IV 1976 21 58	315	52	-0,58	-0,81	86	50	+0,59	-0,80	19	63	201	27	111	1
9.	29/IV 1976 22 18	154	76	-0,88	+0,48	57	62	+0,97	+0,26	14	10	268	59	109	30
10.	29/IV 1976 23 23	158	72	-0,87	+0,48	58	62	+0,94	-0,34	16	6	277	56	110	33
11.	4/VI 1976 05 08	158	80	-0,87	+0,50	63	60	+0,98	+0,19	18	14	265	58	115	28
12.	6/II 1977 04 49	158	70	-0,87	+0,49	57	62	+0,92	+0,38	16	6	280	55	110	35
13.	25/IV 1980 00 57	130	60	-1,00	-0,08	222	86	+0,87	-0,49	180	24	320	60	81	17
14.	1/VI 1980 22 46	351	84	-0,94	-0,34	259	70	+0,99	+0,11	214	9	97	69	307	19
		3	76	-0,18	-0,98	221	18	+0,59	+0,80	192	31	96	11	350	57
15.	30/X 1983 04 12	304	74	-0,99	+0,14	211	82	+0,96	+0,28	349	6	95	72	257	17
16.	30/X 1983 08 13	310	60	+0,62	-0,78	187	48	-0,73	-0,68	256	56	62	33	156	7
17.	30/X 1983 09 31	304	72	-0,29	+0,96	162	23	+0,59	+0,81	137	25	38	13	281	59
18.	30/X 1983 12 40	42	84	+1,00	-0,07	312	86	-0,99	-0,10	356	7	188	83	87	1

го напряжения—в меридиональном направлении под углом  $3^\circ$  к горизонту.

Примерно в 60 км северо-восточнее от землетрясений в районе Олту расположен очаг I Ардаханского землетрясения 9 января 1925 г., которое в эпицентральной зоне проявилось с силой 8 баллов. Согласно семибалльной изосейсте, построенной нами по макросейсмическим данным [2, 7, 8], азимут разрыва равен  $53^\circ$ .

Эпицентр II Ардаханского землетрясения 29 апреля 1976 г. с магнитудой  $M=5$  расположен в 20 км юго-восточнее эпицентра I Ардаханского землетрясения и приурочен к тому же линеamentу, что и землетрясение 29 марта 1961 г. в районе Мерденика. Азимут простирания линеамента в области II Ардаханского землетрясения составляет  $61^\circ$ . Механизм очага этого землетрясения нами исследован по знакам первых смещений в продольной волне на сейсмограммах 58 сейсмических станций. Разрыв в очаге имеет азимут простирания  $64^\circ$ . Падение плоскости разрыва крутое ( $e=76^\circ$ ) и направлено к юго-востоку. Ось сжатия ориентирована в меридиональном направлении, а оси растяжения и нулевых напряжений—в широтном направлении. Оси сжатия и растяжения близгоризонтальны: угол осей с горизонтальной плоскостью равен, соответственно,  $14$  и  $30^\circ$ . Промежуточная ось—близвертикальна. В очаге землетрясения произошел левосторонний сдвиг с некоторой долей взброса.

При Ардаханском II землетрясении за один месяц и 4,5 суток до основного толчка был отмечен форшок с магнитудой  $M=4\frac{3}{4}$ . Следует отметить, что ни одна из возможных плоскостей разрыва в очаге форшока, полученных по данным 40 сейсмических станций, не совпадает с направлением линеамента в этом районе. Следовательно, в данном случае также подтверждается наличие прогностического признака возникновения сильного землетрясения по механизму очага форшока, отмеченного нами при изучении механизма очагов землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона [6]. Следует отметить, что в очаге форшока имеет место поворот азимутов всех осей главных напряжений примерно на  $30^\circ$  относительно аналогичных осей в очаге основного толчка. При этом углы, составленные этими осями с горизонтальной плоскостью, для форшока и основного толчка остаются неизменными.

Нами исследованы также механизмы очагов трех афтершоков Ардаханского II землетрясения, которые получились подобными механизму очага основного толчка, а именно плоскость разрыва в очаге круто ( $e=70-80^\circ$ ) падает в направлении к юго-востоку и во всех трех случаях имеет азимут простирания  $68^\circ$ , оси сжатия ориентированы горизонтально в меридиональном направлении, а промежуточные оси близвертикальны, оси растяжения близгоризонтально—в широтном направлении. В очагах афтершоков, как и в очаге основного толчка, имел место левосторонний сдвиг с некоторой долей взброса.

Плоскости разрыва в очагах двух землетрясений в районе Сарыкамышы 22 марта 1972 г. (а также его афтершока) и в районе Хорасана 1 июня 1980 г. имеют широтное направление ( $A=81-95^\circ$ ) и крутое падение к северу. Оси сжатия и растяжения в очагах землетрясений ориентированы близгоризонтально в среднем между меридиональным и широтным направлением, а промежуточные оси—близвертикально в широтном направлении. В очагах этих землетрясений имел место сдвиг: в первом случае—правосторонний, во втором—левосторонний. Очаги этих землетрясений приурочены, по-видимому, к крупным разрывам в земной коре, не отраженным на карте линеamentов.

То же самое можно сказать и о землетрясении в районе Кагызмана, которое произошло 9 октября 1963 г. Оси главных напряжений в очаге этого землетрясения, как и в предыдущем случае, ориентированы в среднем между меридиональным и широтным направлением, но

ось сжатия близгоризонтальна, ось растяжения—близвертикальна, а промежуточная ось—горизонтальна. Азимут простираения плоскости разрыва в очаге равен  $34^\circ$ . В очаге имел место надвиг.

30 октября 1983 г. в 4 часа 12 мин. Гринвичского времени произошло разрушительное Эрзурум-Карское землетрясение с магнитудой порядка  $6\frac{3}{4}$ , определенной по поверхностной волне. Эпицентр землетрясения, установленный USGS по данным 406 сейсмических станций мира, расположен между городами Эрзурум и Карс и имеет координаты:  $40^\circ 20'$  северной широты и  $42^\circ 11'$  восточной долготы. Глубина залегания очага составляет 12 км. Согласно приведенным в USGS данным, при этом землетрясении по крайней мере 1342 человека убиты, многие ранены, причем из них 534 серьезно ранены, более чем 2500 человек остались без крова, 50 сел в провинциях Эрзурума и Карса были совершенно разрушены. Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками. За 15 дней после основного толчка были отмечены 500 афтершоков различной силы.

Нами исследован механизм очага основного толчка и трех афтершоков.

Для построения нодальных плоскостей при Эрзурум-Карском землетрясении использованы знаки первых смещений в продольной волне по данным сейсмологических бюллетеней Обнинска и USGS, а также знаки первых смещений на сейсмограммах сейсмических станций Кавказа. Всего было использовано 215 знаков первых смещений, записанных на близких и удаленных сейсмостанциях мира. Полученные сведения о двух плоскостях разрывов и о главных напряжениях в очаге этого землетрясения даны в табл. 2. Согласно этим данным, простираение плоскости разрыва в очаге имеет азимут  $34^\circ$ . Плоскость разрыва круто падает к северо-западу под углом  $74^\circ$  к горизонту. Ось сжатия ориентирована в меридиональном направлении, а промежуточная ось и ось растяжения—в широтном направлении. При этом оси сжатия и растяжения близгоризонтальны, а промежуточная ось близвертикальна. В очаге землетрясения имел место левосторонний сдвиг с некоторой долей взброса.

Полученные нами данные хорошо согласуются с полевыми исследованиями в эпицентральной области землетрясения, результаты которых были доложены М. Сали Байрактутаном из Эрзурумского Университета на Генеральной ассамблее геологов в гор. Москве в августе 1984 г. По данным М. Сали Байрактутана, плоскость разрыва имеет азимут  $30-40^\circ$  и падает под углом  $60^\circ$  к северо-западу. По разрыву произошел подъем северо-западного крыла на 1 м и левый сдвиг на 0,8 м. Согласно полевым исследованиям, при землетрясении кроме главного разрыва имел место второй разрыв, примерно перпендикулярный к первому. При этом если по первому разрыву произошел левый взбросо-сдвиг, то по второму—правый сбросо-сдвиг. Оба разрыва прерывистые, длиной отдельных участков в 500—600 м. Общая длина первого, главного разрыва определена по афтершокам в 25 км.

Нами исследованы механизмы трех афтершоков, которые произошли через 4; 5,3 и 8,5 часов после основного толчка. При этом результаты определения механизма очага последнего афтершока с  $M=5\frac{1}{4}$ , координаты эпицентра которого совпадают с координатами эпицентра основного толчка, соответствуют полевым исследованиям второго разрыва. При исследовании механизма очага указанного афтершока нами использованы данные 85 сейсмических станций. Плоскость разрыва в очаге имеет азимут  $132^\circ$  и круто ( $e=84^\circ$ ) падает к северо-востоку. Ось сжатия и промежуточная ось ориентированы в меридиональном направлении, а ось растяжения—в широтном. Оси сжатия и растяжения горизонтальны, а промежуточная ось вертикальна. В очаге произошел правосторонний сдвиг с незначительной долей сброса.

Сопоставление полученных результатов по механизму очага разрушительного Эрзурум-Карсского землетрясения с линейными элементами показывает, что очаг этого землетрясения не приурочен ни к одному из линейментов, выявленных по космическим снимкам.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АИ Армянской ССР

Поступила 4. XII. 1986.

Ն. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԱՐԴԱԽԱՆ—ԿԱՐՍ—ԽՈՐԱՍԱՆԻ ՇՐՋԱՆԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՕՋԱԿՆԵՐԻ ՄԵԿԱՆԻԶՄԸ  
Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում բերված են Արդախան-Կարս-խորասանի շրջանի երկրաշարժերի օջախների մեխանիզմի ուսումնասիրման արդյունքները:

Տվյալներ են ստացված օջախներում խզումների երկու հնարավոր հարթությունների կողմնորոշման, այդ հարթություններով շարժման ուղղության վերաբերյալ, ինչպես նաև շրջանի երկրաշարժերի օջախներում հիմնական լարվածությունների առանցքների ուղղության մասին:

Էրզրում—Կարսի կործանիչ երկրաշարժի օջախի մեխանիզմն ուսումնասիրելիս պարզված է, որ այն կապված չէ տիեզերանկարների միջոցով ի հայտ բերված լինեամենտների հետ:

N. K. KARAPETIAN

THE ARDAHAN-KARS-KHORASAN REGION SEISMIC FOCI MECHANISM

A b s t r a c t

The Ardahan-Kars-Khorasan region seismic foci mechanism investigation results are brought in this paper. There are determined the orientation of two possible rupture planes, the shove components along these planes and the general stresses axes directions in seismic foci of the region.

As a result of the Erzurum-Kars destructive earthquake focus mechanism investigation it is established the epicentre of this earthquake not to be connected with any of lineaments, which are revealed by space investigation methods.

Л И Т Е Р А Т У Ր Ա

1. Асланян А. Т., Дебидов А. С., Караханян А. С., Коровина Т. Л., Усиков Д. А. О возможности применения результатов дистанционного зондирования из космоса для интерпретации пространственного распределения сейсмичности (на примере Анатолийско-Армянно-Иранского региона).—Изв. АИ АрмССР, Науки о Земле, 1981, т. XXXIV, № 6, с. 3—11.
2. Бюс Е. И. Сейсмические условия Закавказья. Тбилиси: Изд. АН ГССР, 1948, 304 с.
3. Введенская А. В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. М.: Наука, 1969, 134 с.
1. Габриелян Л. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмостектоника Армянской ССР. Ереван: Изд. Ереван. ун-га, 1981, 283 с.
5. Карапетян Н. К. Механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья (сейсмические условия). Ереван: Изд. АИ АрмССР, 1986, 228 с.
6. Карапетян Н. К. Механизм очагов землетрясений и напряженно-деформированное состояние грех регионов Армянского нагорья.—Изв. АИ АрмССР, Науки о Земле, 1985, т. XXXVIII, № 2, с. 47—55.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977, 536 с.
8. Шакал А. Д. Сейсмичность Джавахетского (Ахалкалакского) нагорья и прилегающих районов.—Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1957, т. XVI, с. 177—219.