

КОПЕТДАГ

Б.Н. Гаипов, Г.Л. Голинский, Н.В. Петрова, А.Р. Рахимов, Г.Ч. Сарыева

В 1994 г. система сейсмических станций Туркменистана и методы обработки сейсмологических данных по сравнению с помещенными в [1] не изменились. В каталоге землетрясений Копетдага за текущий год и на карте эпицентров землетрясений (рис. 1) приведены все землетрясения с $K_p \geq 8.6$, зарегистрированные сетью сейсмических станций, однако анализируются только события в пределах координат региона и отдельных сейсмоактивных зон, указанных в табл. 1 и на рис. 1.

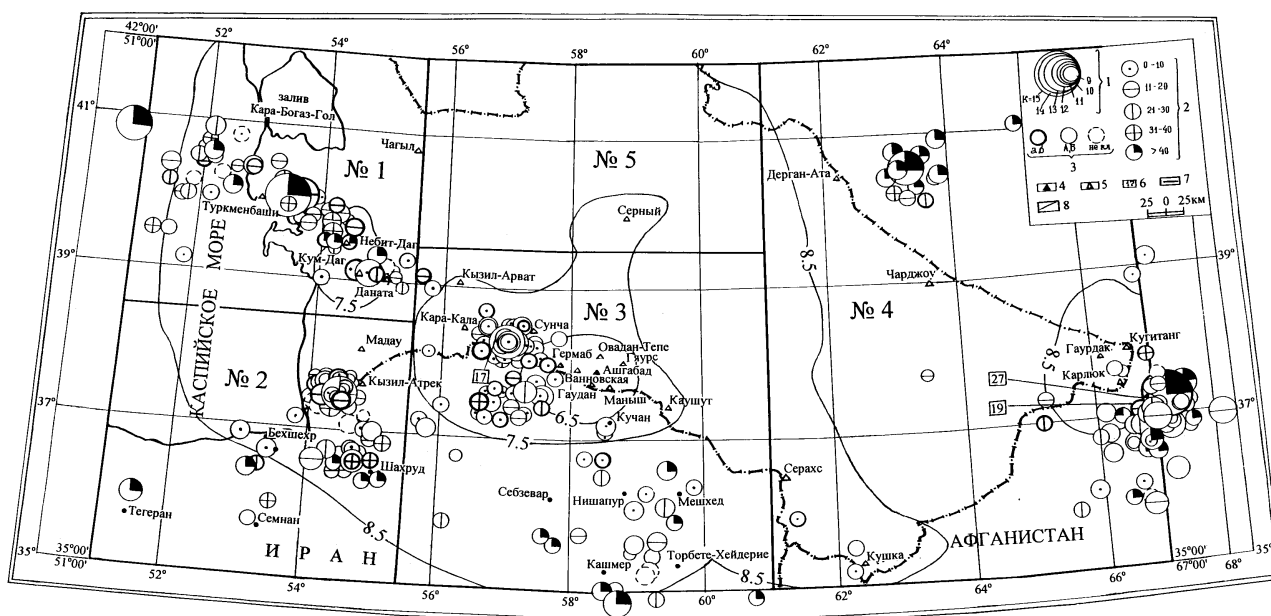


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Копетдага

1 – энергетический класс; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – класс точности определения эпицентра; 4, 5 – сейсмическая станция, опорная и региональная соответственно; 6 – количество землетрясений данного класса с совпадающими координатами; 7 – граница сейсмоактивного района; 8 – изолиния энергетической представительности землетрясений K_{min} .

Таблица 1. Сейсмоактивные районы Копетдага и значение K_{min} в их пределах

№	Район	K_{min}	$\varphi_1 - \varphi_2$, N	$\lambda_1 - \lambda_2$, E	$S \cdot 10^2$, км ²
1	Балхано-Каспийский	9	38.5 - 42.0	51.0 - 55.5	150
2	Эльбурский	9	35.0 - 38.5	51.0 - 55.5	160
3	Туркмено-Хорасанский	9	35.0 - 39.5	55.5 - 61.0	250
4	Восточный Туркменистан	10	35.0 - 42.0	61.0 - 67.0	420
5	Центрально-Каракумский	9	39.5 - 42.0	55.5 - 61.0	130
	КОПЕТДАГ	9	35.0 - 42.0	51.0 - 67.0	1110

В текущем году в пределах Копетдага зарегистрировано 2378 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_p=2-14$, из них 278 – с $K_p \geq 8.6$ (табл. 2). Параметры сейсмического режима γ и A_{10} рассчитывались с энергетического уровня, соответствующего K_{min} для каждого района. В связи с происшедшими крупными землетрясениями 1993 г. [1] в 1994 г. параметр γ в целом по региону уменьшился от 0.51 до 0.45), тогда как значение сейсмической активности A_{10} почти не изменилось: 0.045 и 0.050.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p , суммарная энергия ΣE и количественные параметры γ и A_{10} сейсмического режима по районам

№	Район	K_{min}	K_p							N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^{12}$, Дж	γ	A_{10}
			8	9	10	11	12	13	14				
1	Балхано-Каспийский	8	82	36	11	1	1	1	1	133	111.21	0.35	0.08
2	Эльбурский	9	29	32	15	6	-	1	-	83	10.78	0.38	0.11
3	Туркмено-Хорасанский	9	183	72	23	2	2	1	-	283	12.50	0.48	0.08
4	Восточный Туркменистан	10	37	36	28	7	1	1	-	110	11.98	0.47	0.05
5	Центрально-Каракумский	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
	КОПЕТДАГ	9	333	176	77	16	4	4	1	611	146.47	0.45	0.045

Выделившаяся в очагах землетрясений суммарная сейсмическая энергия, составляющая $14.6 \cdot 10^{13}$ Дж, значительно выше энергии 1992-93 гг. (табл. 3). По сравнению с 1993 г. в регионе значительно уменьшилось число землетрясений с $K_p=11-12$ при увеличении количества сейсмических событий 9-10-х энергетических классов.

Таблица 3. Сопоставление распределения числа землетрясений 1992, 1993, и 1994 гг. по энергетическим классам и суммарной энергии

Год	K_p								N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^{13}$, Дж
	2-7	8	9	10	11	12	13	14		
1992	2048	343	148	36	17	2	4	1	2599	14.42
1993	1922	325	157	55	23	11	1	-	2494	2.45
1994	1737	333	176	77	16	4	4	1	2378	146.47

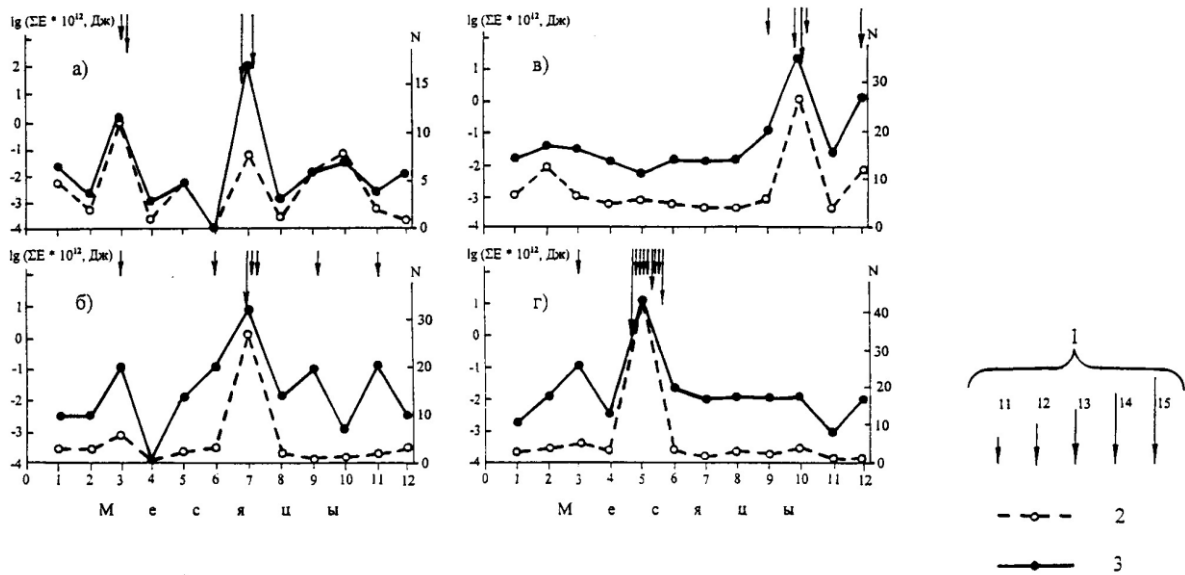
Особенностью сейсмичности 1994 г. является реализация крупных ($K_p=13-14$) землетрясений в четырёх сейсмоактивных районах (табл. 2). Основные сейсмические события – Янгаджинское землетрясение 1 июля в 10^h12^m на побережье Каспийского моря ($K_p=14.0$, $MS=5.2$) и Кёнекесирское землетрясение 21 октября в 11^h46^m в 50 км к юго-западу от Бахардена ($K_p=13.5$, $MS=4.9$), с интенсивностью сотрясений в эпицентре $I_0=6-7$ и $I_0=7-8$ баллов соответственно (см. отд. ст. в наст. сб.). Разница в балльности обусловлена различием в глубинах очагов этих землетрясений (45 и 5 км).

В 1994 г. на территории Туркменистана произошло 19 ощутимых землетрясений: 17 из них расположены в пределах Туркменистана, одно – на границе с Афганистаном и одно – с Узбекистаном. Краткие сведения о районе их возникновения и характере проявления приведены в сносках к каталогу землетрясений (см. наст. сб.). Рассмотрим особенности проявления сейсмичности в каждом из районов.

В **Балхано-Каспийском** районе (**№1**) после двухлетнего сейсмического затишья на энергетическом уровне $K_p=11$ [1, 2] и при последовательном уменьшении параметра γ от аномально высокого $\gamma=0.71$ в 1992 г. [2] до аномально низкого $\gamma=0.35$ в 1994 г., накопленная сейсмическая энергия высвободилась при землетрясениях в районе п. Кумдаг и на побережье Каспия, восточнее г. Туркменбаши (рис. 1, 2,а).

Кумдагское землетрясение 26 марта в 15^h22^m ($K_p=11.9$, $MLH=4.4$, $I_0^p=5-6$ баллов) предвлялось в 14^h20^m ощутимым ($I_0^p=5$ баллов) форшоком с $K_p=11.2$, т. е. энергетическая ступень здесь меньше порядка. Очевидно, наличие форшоков и многочисленных афтершоков является характерной особенностью Кумдагской очаговой зоны. Напомним, что Кумдагское землетрясение 14.03.1983 г. в 12^h12^m с $K_p=13.8$, $MLH=5.7$ [3, 4] предвлялось двумя форшоками с $K_p=12.3$ и 11.4 , происшедшими 01.03.1983 г. в 02^h02^m и 02^h18^m , и одним с $K_p=13$ за 17 минут до основного толчка (в 11^h55^m), за которым последовала бурная афтершоковая деятельность. Судя по землетрясению 26 марта нынешнего года, эта очаговая зона активна до сих пор.

Рис. 2. Распределение по месяцам числа N землетрясений с $K_p \geq 8.6$ и выделившейся суммарной энергии ΣE в



районах: Балхано-Каспийском (а), Эльбурском (б); Туркмено-Хорасанском (в); Восточном Туркменистане (г)

1 – момент возникновения и величина землетрясения с $K_p=11-15$; 2, 3 – графики изменения числа N землетрясений и суммарной их энергии ΣE соответственно.

Второй более интенсивный максимум выделившейся сейсмической энергии (рис. 2,а) связан с реализацией 1 июля в 10^h12^m Янгаджинского землетрясения ($K_p=14.0$, $M_S=5.2$) и последовавшего за ним в 19^h50^m афтершока с $K_p=12.9$ в 35 км северо-западнее от макросейсмического эпицентра основного толчка, хотя некоторая разнесённость в пространстве этих событий, превышающая размеры очага, и характерная область афтершоков дают почву для сомнений о принадлежности второго события к афтершокам Янгаджинского землетрясения.

Механизм очага основного толчка представляет собой надвиг по плоскостям северо-западного или северо-восточного простирания в условиях горизонтального сжатия и вертикального растяжения, а для афтершока в 19^h50^m – надвиг по широтной или взброс по восток-северо-восточной плоскости (см. наст. сб.). Отметим, что подобные механизмы типичны для очагов землетрясений приподнятого и продолжающего подниматься Кубадаг-Большебалханского блока [4].

Кроме афтершока, описанного выше, Янгаджинское землетрясение не имело в июле афтершоков с $K_p \geq 7.5$ (рис. 3,а) и не сопровождалось повышением числа событий с $K_p \geq 8.6$ в Балхано-Каспийском районе в целом (рис. 2,а). Отмечено лишь небольшое повышение активности слабых ($K_p=5-7$) толчков в окрестностях вышеупомянутых землетрясений. Это подтверждает особенность землетрясений Кубадаг-Большебалханской структуры как сильных, но более редких (по сравнению с Туркмено-Хорасанскими) сейсмических событий с меньшей степенью группирования [5, 6]. Отсутствие крупных афтершоков может быть связано и с высокими кажущимися, а значит, и сброшенными напряжениями в очагах описанных землетрясений – 640 бар для основного толчка ($K_p=14.0$) и 790 бар для следующего события ($K_p=12.9$) по данным ЧИСС на сейсмической станции "Ванновская". За период работы этой станции (с 1982 г.) такие напряжения – самые высокие для землетрясений региона. Вместе с тем землетрясения Кубадаг-Большебалханского блока и ранее отличались высокочастотным составом очагового излучения [7].

Повышение количества землетрясений и выделившейся сейсмической энергии на территории Балхано-Каспийского района в сентябре и октябре (рис. 2,а) связано с землетрясениями 9-10 энергетических классов, происшедшими в его основных очаговых зонах – Кумдагской, Большебалханской, Янгаджинской и Каспийской. Для землетрясения 9 сентября в 07^h13^m с $K_p=10.1$, принадлежащего Кумдагской очаговой зоне, удалось определить механизм очага, который имеет два возможных решения: подвиг по запад-северо-западной плоскости или сброс – по широтной.

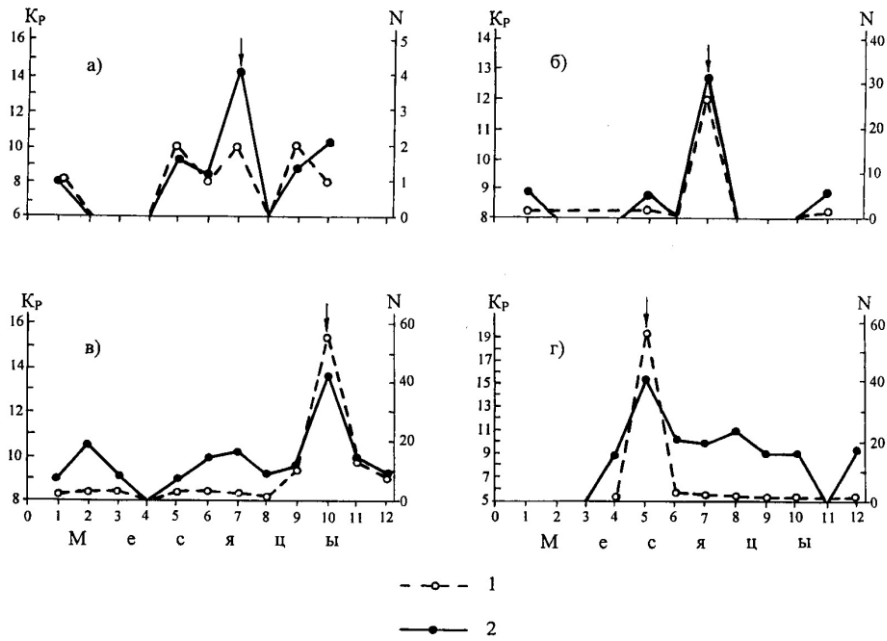


Рис. 3. Распределение по месяцам числа N и максимального класса K_p землетрясений в окрестности основных сейсмических событий 1994 г.: 01.07 в 10^h12^m (Янгаджинское) с $K_p=14.0$, $MS=5.2$ при $r=40$ км и $K_{min}=7.6$ (а); 01.05. в 12^h00^m с $K_p=15.0$, $MS=6.3$ при $r=50$ км и $K_{min}=8.6$ (б); 21.10 в 08^h16^m (Кёнекесирское) с $K_p=13.5$, $MS=4.9$ при $r=40$ км и $K_{min}=7.6$ (в); 11.07 в 20^h57^m с $K_p=12.6$, $MS=4.4$ при $r=30$ км и $K_{min}=7.6$ (г).

1,2 – графики изменения числа N землетрясений и максимального класса K_p соответственно.

В **Эльбурском** районе (**№2**) основным сейсмическим событием является землетрясение с $K_p=12.6$, происшедшее 11 июля в 20^h57^m на туркмено-иранской границе, к юго-западу от Кизылатрека. Это самое крупное за последние четыре года землетрясение на рассматриваемой территории. Оно предвлялось повышением сейсмической активности A_{10} в 1993 г. по сравнению с двумя предшествующими годами [1, 2, 8]. Мартовский максимум выделившейся энергии (рис. 2,б) связан с продолжением процесса в очаге землетрясения 19.06.1993 г. ($t_0=17^h01^m$, $K_p=12.1$, $MS=4.9$) на территории Ирана, в окрестностях которого в марте произошло одно землетрясение с $K_p=11$, два – с $K_p=10$ и два – с $K_p=9$. Эта зона оставалась действующей в течение года, что подтверждается сентябрьским землетрясением с $K_p=10.6$. Землетрясение 11 июля предвлялось двумя небольшими толчками с $K_p=9$ в январе и мае и сопровождалось 27 афтершоками в июле (рис. 3,б), старший из которых имел энергию $3 \cdot 10^{11}$ Дж. Основной толчок имел большую глубину – 50 км по инструментальным данным, 20-22 км – по макросейсмическим. Он проявился вблизи очага сотрясениями примерно той же интенсивности (5-6 баллов), что и его более слабые, но менее глубокие афтершоки 11-го энергетического класса (12 июля с $t_0=00^h12^m$, $K_p=10.8$, $I_0^p=5$ баллов и 23 июля с $t_0=07^h08^m$, $K_p=11.5$, $I_0^p=5-6$ баллов), однако ощущался на большей площади.

В итоге анализа сейсмичности западного Туркменистана отметим синхронность активизации сейсмичности Балхано-Каспийского и Эльбурского районов в марте и июле 1994 г. (рис. 2,а и 2,б). Эпицентры сильных и умеренных землетрясений, с которыми связаны максимумы выделившейся энергии, оконтуривают Южно-Каспийскую впадину (рис. 1) и, по-видимому, обусловлены единым тектоническим процессом, проявляющимся на её границах в виде сейсмических подвижек.

В **Туркмено-Хорасанском** районе (**№3**), который оставался сравнительно спокойным первые 9 месяцев (рис. 2,в), главным событием явилось Кёнекесирское землетрясение 21 октября в 11^h46^m с $K_p=13.5$, $MS=4.9$, $I_0=7-8$ баллов (см. наст. сб.). Напомним, что повышенная сейсмическая активность Центрального Копетдага отмечается с 1992 г. [1, 2]. 10.09.1993 г. в 09^h49^m в районе Арчман-Нохурского тектонического узла, в 30 км северо-восточнее очага Кёнекесирского

землетрясения, произошло Караулское землетрясение с $K_p=11.6$, сопровождавшееся фор- и афтершоковой деятельностью. Очевидно, эта зона продолжала работать вплоть до Кёнекесирского землетрясения, проявляя активность на уровне землетрясений 10-го энергетического класса и ниже (рис. 3,в). Кёнекесирское землетрясение 21 октября сопровождалось большим числом афтершоков (только в октябре их было 56 с $K_p \geq 7.6$), количество которых не вышло на фоновый уровень к концу текущего года (рис. 3,в). Энергетический класс максимального афтершока в 22^h09^m составил $K_p=10.6$ и ощущался с $I_0=5$ баллов.

Основному толчку предшествовал ощутимый форшок с $K_p=12.1$, проявившийся в ближайших населённых пунктах с интенсивностью 5-6 баллов, а на расстояниях 40-65 км – 2-3 балла (см. наст. сб.). Механизм очага форшока представляет собой взброс по северо-западной или надвиг по восток-северо-восточной плоскости. В очаге основного толчка произошёл сброс по северо-западной или северо-восточной плоскости.

Помимо описанной, в Туркмено-Хорасанском районе продолжали действовать ещё две зоны: Боджнурдская, где 1 сентября в 01^h18^m произошло землетрясение с $K_p=10.6$, и очаговая зона землетрясения 09.05.1993 г. в 17^h42^m с $K_p=12.6$, $MS=4.4$ [1, 9], где 14.12.1994 г. в 20^h43^m произошло землетрясение с $K_p=12.2$, $MS=4.5$ (рис. 1, 2,в).

В целом по Туркмено-Хорасанскому району, даже при учёте многочисленных афтершоков Кёнекесирского землетрясения, сейсмическая активность понизилась от $A_{10}=0.10-0.11$ в 1992-1993 гг. [1, 2] до $A_{10}=0.08$ в 1994 г.

В Восточном Туркменистане (№4) по-прежнему остаются активными Газлийская и Гаурдак-Кугитангская очаговые зоны (рис. 1). В 1994 г. они активизировались в мае месяце: 1 мая в 12^h00^m произошло землетрясение в 70 км к юго-востоку от Кугитанга (на территории Афганистана) с $K_p=15.0$, $MS=6.3$ и 25 мая в 07^h42^m – в районе Газли (в Узбекистане) с $K_p=12.8$, $MS=4.5$.

Землетрясение 1 мая произошло на значительной глубине и имело интенсивность в эпицентре 6-7 баллов. Его проявления на поверхности захватили большую площадь. Число афтершоков этого землетрясения с $K_p \geq 8.6$ только в мае месяце составило 66 (рис. 2,г). Однако оно не включено в расчёт при составлении табл. 2 и 3, так как расположено за восточной границей региона.

Эпицентр и центр области афтершоков землетрясения 1 мая отстоят на расстоянии менее 100 км от эпицентров Гаурдакских землетрясений 1991 г. [10], что позволяет отнести его к Гаурдак-Кугитангской сейсмоактивной зоне. Анализ сейсмичности этой зоны с координатами $\varphi = 37.0-39.0^\circ N$, $\lambda = 65.5-67.5^\circ E$, приведенный в [10], показал, что данная зона в течение текущего столетия проявляла себя вспышками сейсмичности с $K_p=12-15$ длительностью 5-10 лет, за которыми следовал период затишья (20-25 лет). Гаурдакские землетрясения 1991 г., после 20-летнего затишья, положили начало новому, четвёртому за столетие, периоду активизации, и землетрясение 1 мая 1994 г. прекрасно вписывается в эту схему.

Сейсмичность **Центрально-Каракумского района (№5)** отмечена лишь тремя слабыми толчками с $K_p=4, 5$ и 6 в районе сейсмической станции "Серный".

В целом сейсмическая активность в Балхано-Каспийском и Туркмено-Харасанском районах понизилась (табл. 4), несмотря на происшедшие здесь крупные землетрясения с $K_p=14.0$ и $K_p=13.5$. В Эльбурском районе активность практически не изменилась, а в Восточном Туркменистане она возросла за счёт афтершоков землетрясения 1 мая с $K_p=15.0$, происшедших в границах региона.

Таблица 4. Сравнение сейсмической активности A_{10} за 1993 и 1994 годы

№	Район	A_{10}	
		1993 г.	1994 г.
1	Балхано-Каспийский	0.10	0.08
2	Эльбурский	0.10	0.11
3	Туркмено-Хорасанский	0.11	0.08

4	Восточный Туркменистан	0.03	0.05
	КОПЕТДАГ	0.050	0.045

Л и т е р а т у р а

1. **Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. 1999.** Землетрясения Копетдага // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. М.: НИИ-Природа. С. 40-48.
2. **Каррыев Б.С., Ахмедова С.В., Аннаорова Т.А., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Рахимов А.Р. 1997.** Землетрясения Копетдага // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. М.: Геоинформмарк. С. 37-41.
3. **Голинский Г.Л., Аннаорова Т.А., Рахимов А.Р. 1986.** Землетрясения Копетдага // Землетрясения в СССР в 1983 году. М.: Наука. С. 38-45.
4. **Аннаорова Т.А., Изюмов С.Ф., Кузьмин Ю.О., Петрова Н.В. 1989.** Изучение очаговых зон сильных землетрясений Западной Туркмении // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХ и ГН. №1. С. 12-17.
5. **Горшков Г.П. 1987.** Сейсмоструктура Копетдага. М.: Наука. 51 с.
6. **Сейсмическое районирование территории СССР. Туркмения. 1980.** М.: Наука. С. 147-162.
7. **Аннаорова Т.А., Петрова Н.В. 1989.** О связи спектрального состава с механизмом очагов землетрясений Копетдага // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХ и ГН. №3. С. 39-43.
8. **Аннаорова Т.А., Голинский Г.Л., Каррыев Б.С., Рахимов А.Р. 1997.** Землетрясения Копетдага // Землетрясения в СССР в 1991 году. М.: ОИФЗ РАН. С. 28-33.
9. **Доманова Л.Ю., Рахимов А.Р., Голинский Г.Л. (отв. сост.); Мамедзянова М., Тачов Б., Шкварун Н., Коржукова Т., Таджиева Ш. (сост.) 1999.** Региональные и территориальные каталоги: Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. М.: Наука. С. 159-164.
10. **Аширов Т.А., Аннаорова Т.А., Петрова Н.В. 1992.** О сейсмичности Гаурдак-Кугитанского района // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХ и ГН. №2. С. 101-104.