

КЁНЕКЕСИРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 21 октября 1994 года Г.Л. Голинский, Ч.М. Мурадов, А.Р. Рахимов

Характер проявления землетрясения. 21 октября в 11^h46^m произошло землетрясение вблизи п. Кёнекесир. По инструментальным данным параметры землетрясения следующие: $\varphi=38.28^{\circ}\text{E}$, $\lambda=57.00^{\circ}\text{N}$, $h=5$ км, $K_p=13.5$ магнитуда $MS=4.9$ [1]. В районе Кёнекеси́ра землетрясение такой энергии произошло впервые за всю историю инструментальных наблюдений, хотя слабая сейсмичность здесь наблюдается постоянно. По результатам изучения последствий землетрясения выявлена его плейстосейсовая область, оконтуренная изосейстой с $I=7$ баллов по шкале MSK-64 [2] (рис. 1). Её центр принят за макросейсмический эпицентр землетрясения с координатами: $\varphi_M=38.20^{\circ}\text{E}$, $\lambda_M=56.95^{\circ}\text{N}$, $h_{10M}=14$ км и отстоит на 8 ± 2 км юго-юго-западнее от инструментального.

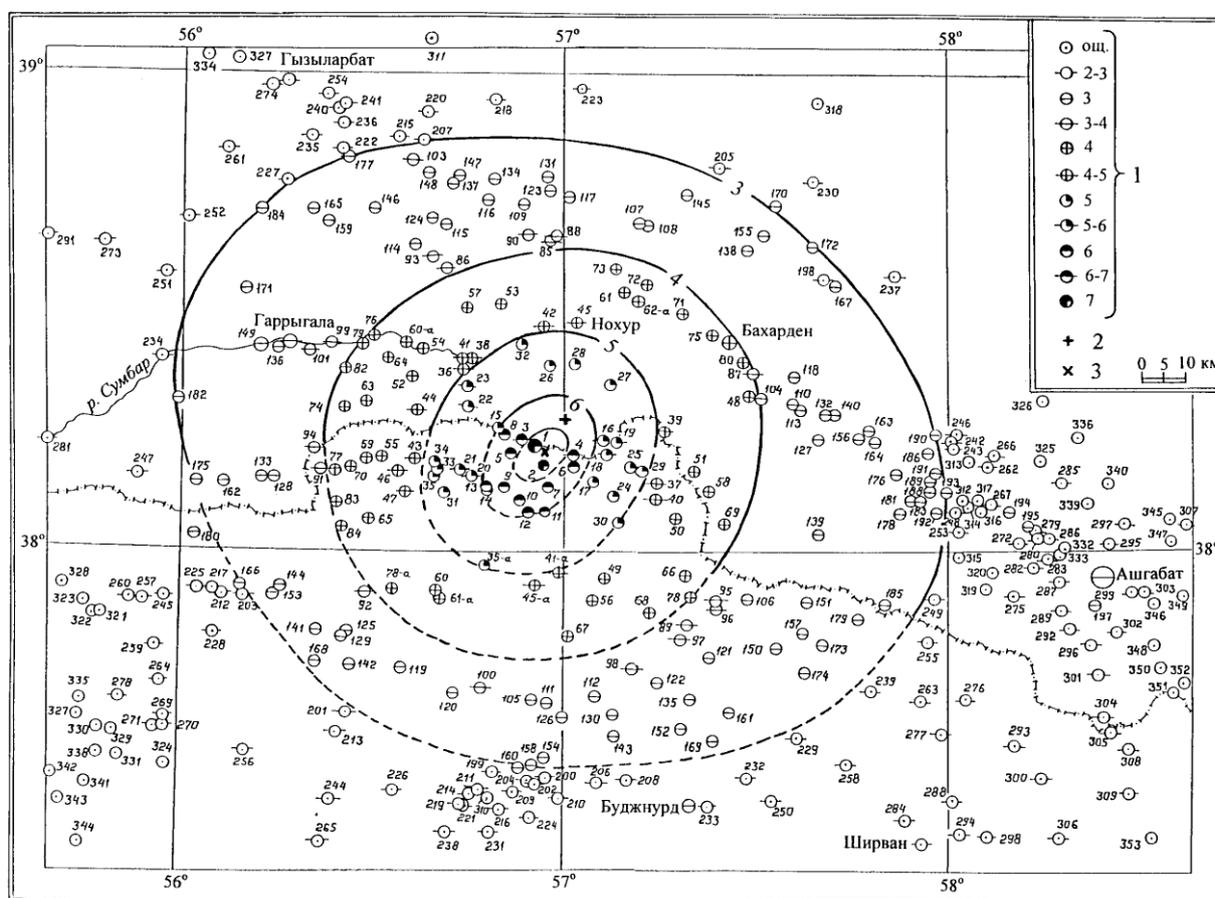


Рис. 1. Карта изосейст Кёнекесирского землетрясения 21.10.1994 г. в 11^h46^m ($K_p=13,5$, $MS=4,9$)
(составили Г.Л. Голинский и Ч.М. Мурадов)

1 – интенсивность сотрясений I в баллах по шкале MSK-64 [2]; 2, 3 – эпицентр по макросейсмическим и инструментальным данным соответственно.

Особенность Кёнекесирского землетрясения 21 октября заключается в том, что, во-первых, его очаговая зона была расположена в пределах населённого пункта и весь район, подвергшийся сотрясениям, достаточно плотно заселён, особенно в сопредельной части Исламской Республики Иран; во-вторых, землетрясению предшествовал ряд форшоков. Сильнейший ($K_p=12.1$, $MS=4.0$) из них произошёл 16 октября в 10^h09^m и был обследован как самостоятельное землетрясение (см. наст. сб.). Главный толчок произошёл, когда группа обследования, продолжая работу, находилась непосредственно в его эпицентральной зоне. Незадолго (в 10^h15^m) до главного землетрясения эта

группа находилась в здании поселкового совета (арчина) п. Кёнекесир. В кабинете стояли и сидели более 10 человек, когда произошел очередной форшок. Накануне ночью в Дузлыдепе все ощущали несколько слабых форшоков. Многие взрослые и дети по этой причине не спали и в день 21 октября были обессилены бессонной ночью. Школьники отказались заходить в классы. Большинство жителей не заходили в свои дома, находясь во дворах.

Главное землетрясение началось сильным подземным гулом и интенсивными колебаниями почвы. В домах сдвигались тяжёлые предметы, падала посуда, радиоприемники. В одном доме упал с тумбы и разбился большой телевизор. Преобладающее большинство зданий получило разнообразные повреждения: во многих домах образовались сквозные трещины, в некоторых возникли тяжёлые повреждения – обрушение крыш, выпадение части стен (рис. 2, 3). Сильному повреждению подверглись хозяйственные постройки – сараи, гаражи, коровники. В одном коровнике разрушились стены и обрушилась крыша, завалив находившийся внутри скот. Лишь находчивость хозяина спасла их жизни: с помощью автокрана удалось поднять часть крыши и высвободить животных. К счастью, среди людей не было жертв, лишь единицы получили различные травмы. Наиболее сильно пострадала северная часть селения, расположенная на сильно пересечённой местности. Здесь наблюдались разрывы земной поверхности в виде трёх извилистых субпараллельных трещин длиной 10-15 м и шириной до 2 см; расстояние между трещинами составляло 0.5-0.6 м. В горных районах возникло множество камнепадов.

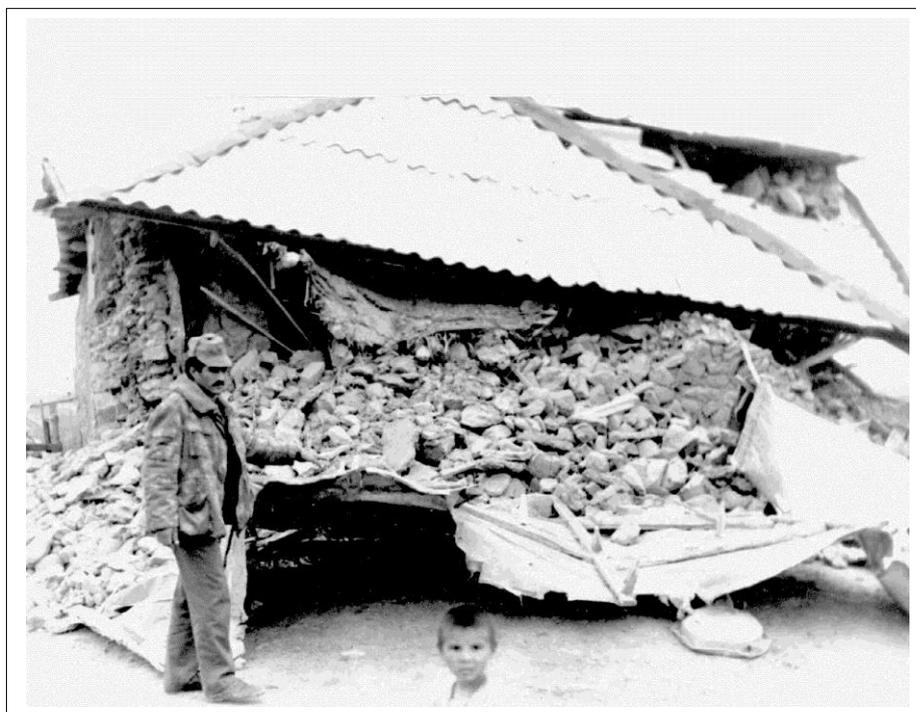


Рис. 2. Кёнекесир: полное обрушение жилого здания (фото – Г.Л. Голинского)

Оценка интенсивности землетрясения. Колебания почвы при главном толчке были, в основном, вертикальными, с короткими периодами порядка 0.4-0.6 с. Повреждения зданий отличаются существенным преобладанием вертикальных и косонаправленных трещин. Из всех 500 зданий, имевшихся в посёлке, основная часть (52%) домов получила повреждения 2-й степени, несколько меньше (до 40%) – 3-й степени и 8% домов – 4-й степени.

Степень P_i повреждения зданий была определена для 60 объектов, тщательно осмотренных в процессе макросейсмического обследования. Методика оценки повреждения зданий соответствует [3], где классификация реакции объектов подразделяется на структурные (повреждения материала и неконструктивных элементов здания) и конструктивные (повреждения конструктивных элементов). Распределение выбранных объектов по степени их повреждения представлено в табл. 1.



Рис. 3. Кёнекесир: заведующий сейсмической станцией "Ашхабад" Н. Аннамухамедов у разрушенного дома родителей

Таблица 1. Распределение выбранных 60 зданий в п. Кёнекесир по степени Π_i их повреждения при землетрясении 21 октября

Степень повреждения зданий Π_i	1	2	3	4	
Количество зданий n_i с реакцией Π_i	-	31	24	5	$\Sigma n_i=60$
%	-	52%	40%	8%	100%

Примечание. Тип обследованных зданий – A_1 (из рваного камня на глиняном растворе).

Средняя степень повреждения зданий, равная $\bar{\Pi}=2.6$, вычислена по формуле:

$$\bar{\Pi} = \frac{\sum \Pi_i * n_i}{\sum n_i}$$

Величина интенсивности сотрясений в баллах определена по [3], где указан метод перехода от средней степени реакции зданий к баллам. По полученному в наших расчётах значению $\bar{\Pi}=2.6$ имеем : для зданий типа A_1 (из рваного камня на глиняном растворе) $I_0^P=7$ баллов. Ошибка σ_{Π} определения интенсивности I сотрясений по степени $\bar{\Pi}$ повреждения зданий зависит от числа обследованных объектов. Так, согласно [3], при стандартном отклонении $\sigma_{\Pi} = 0.9$ определения интенсивности по реакции единичного объекта и при 12 обследованных зданиях ошибка составляет ± 0.25 балла. Нами учтено 60 объектов, т. е. в пять раз больше, соответственно ошибка оценки балльности < 0.25 .

Такая же величина интенсивности сотрясений (7 баллов) получена нами по соотношению между магнитудой, глубиной очага h и интенсивностью I_0 землетрясения в эпицентре [4].

Остаточные деформации. Деформации, возникающие на грунтах при землетрясениях, являются одним из признаков для определения интенсивности сотрясений от сейсмического события. Среди сейсмологов и геологов существует убеждение, что остаточные деформации земной коры и обильные камнепады возникают лишь при сильных сотрясениях, превышающих 8-

9 баллов. Особенно редким считается выход разломов на поверхность земли. Детальные обследования землетрясений, проведенные нами [4], наглядно опровергают это представление: остаточные деформации наблюдаются и при сотрясениях в 7 баллов, проявляясь на локальных участках земной поверхности.

В частности, во время Кёнекесирского землетрясения 21 октября с $I_0=7-8$ баллов Ч.М. Мурадовым выявлено в черте населённого пункта Кёнекесир локальное трещинообразование в виде поверхностных разрывов в эпицентральной зоне – три трещины длиной 10-15 м возникли на небольшой площади размером до 15 м x 20 м. Трещины вытянулись с востока на запад, расстояние между ними составляло 0.5-0.6 м, и располагались они почти параллельно в сильно пересечённой местности.

Более того, остаточные деформации в виде обильных камнепадов наблюдались не только в контурах плейстоценовой 7-балльной области, но и за её пределами – в 6-балльной зоне, а именно:

в границах п. Кёнекесир, на дороге в сторону Дайна, в 1 км к востоку от посёлка, причём, камни имели внушительные размеры, до 2.5 м x 2.0 м x 1.5 м и веса 12-13 т (рис. 4). Один такой камень, обвалившийся с горы, пробил стену жилого дома и остался внутри здания; другой камень таких же размеров обрушился на хозяйственную постройку и полностью разрушил её, но основная масса камней имела размеры – 0.5 м x 0.5 м x 0.5 м;

в Чукурюрте, где с гор, расположенных юго-восточнее посёлка, обвалилось более 20 камней с диаметром 0.7 м и множество мелких;

в ущелье Бабаягдай, расположенном в 3 км от Кёнекесира в сторону Чукурюрта, наблюдалось множество обвалившихся камней размером до 0.5 м, при этом некоторые камни достигали долины протекающей рядом реки, а отдельные из них "перепрыгнули" реку и повредили хозяйственные постройки, расположенные на другом приподнятом берегу реки;

на ближней территории Ирана, расположенной в 0.5-0.8 км южнее селений Дайна и Кёнекесира, от падения камней виднелась пыль, и в некоторых местах виднелись следы осыпи с наклонных участков гор.



Рис. 4. Кёнекесир: члены экспедиции осматривают громадный камень, обвалившийся с ближайшей горы

Распределение участков, где наблюдались камнепады, осыпи и трещинообразование, схематично показано на рис. 5.

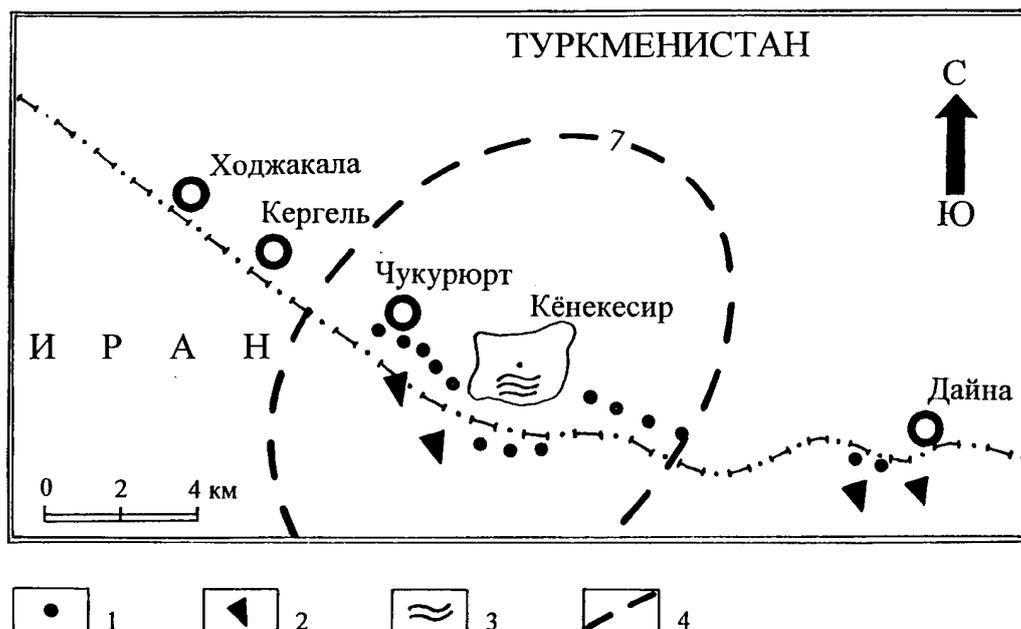


Рис. 5. Плейстосейтовая область Кёнекесирского землетрясения 21.10. с участками разного типа деформации земной поверхности (составил Г.Л. Голинский)

1-3 – участки камнепадов, осыпей и трещинообразования соответственно; 4 – контуры эпицентральной зоны.

Карта изосейст (рис. 1) построена на основе обследований, проведенных Г.Л. Голинским совместно с Ч.М. Мурадовым, А.Р. Рахимовым и Н. Аннамухаммедовым. Исходными данными для построения карты изосейст послужили результаты оценки интенсивности сотрясений в баллах, полученные при осмотре зданий и опросе населения почти по 200 населённым пунктам Туркменистана. Дополнительно осуществлена оценка интенсивности для 156 селений, расположенных на территории Ирана, по номограмме связи (I, M, h) из [4], построенной для землетрясений Туркмении. Ошибка в оценке балльности таким способом не превышает 0.5 балла. Такая точность достаточно хороша для макросейсмических изысканий и не искажает истинный характер проявления землетрясения. В общей сложности, на карте изосейст отражён характер проявления землетрясения для 359 населённых пунктов (табл. 2).

Таблица 2. Макросейсмические данные о Кёнекесирском землетрясении 21 октября 1994 г. в $11^{\text{h}}46^{\text{m}}$ ($K_p=13.5, M_S=4.9$)

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>7 баллов</u>		14	Кавалга*	17
1	Кёнекесир	3		<u>5-6 баллов</u>	
2	Ашраптал*	4	15	Ходжа	12
	<u>6-7 баллов</u>		16	Орехово	13
3	Чукурюрт	6	17	Соуксу*	13
4	Дайна	7	18	Бештерек*	14
	<u>6 баллов</u>		19	Хегеле-Коз*	17
5	Кяриз*	8	20	Мазарлы	18
6	Портсу*	8	21	Карковлы	20
7	Летник*	9	22	Дузлыдепе	21
8	Кергели	10	23	Куруждей	24
9	Гез*	13		<u>5 баллов</u>	
10	Бек-Пулад*	13	24	Алмадшан*	19
11	Баглык*	14	25	Ростаган*	21
12	Гумбетли*	15	26	Кенегюммез	21
13	Тутлы*	16	27	Ыпайкла	22
			28	Караул	22

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В 1994 г.

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
29	Соуксу*	23	88	Гараджик	50
30	Кулама*	24	89	Ялчлы*	50
31	Дойдух*	25	90	Кул*	50
32	Екары-Айidere	26		<u>3-4 балла</u>	
33	Эккисаут*	26			
34	Ата-Курт*	26	91	Кёне-Бёрме	49
35	Исмаилдойдух*	27	92	Ымарат	49
36	Мазар-Имам*	30	93	Караган	51
	<u>4-5 баллов</u>		94	Ж/д разъезд №103	51
37	Дурдыхан	27	95	Казыкале*	52
38	Дашлыкала*	27	96	Бёрме	52
39	Айidere	28	97	Эгреккая*	52
40	Тагарёв	28	98	Кух-Кале*	53
41	Анна-Гюль*	28	99	Караговак	53
42	Тутлыкала	29	100	Чакарли	53
43	Коштепе*	29	101	Пиудар*	53
44	Учкуи	30	102	Ханчах*	54
45	Дуюлен*	30	103	Катлиш*	54
46	Шаличекен	31	104	Яланки*	54
47	Нохур	31	105	Геркез	55
48	Тенге*	32	106	Хараки*	57
49	Иля Паджоу*	34	107	Арапшик	58
50	Мамед Нанас*	34	108	Каракала	63
	<u>4 балла</u>		109	Кодж	75
				<u>3 балла</u>	
51	Пантыш	33	110	Инджерева	51
52	Рааз*	33	111	Ак-Мазар*	58
53	Тазекале*	34	112	Гифан*	58
54	Сарымсаклы	35	113	Акишан	58
55	Арпаклен	35	114	Босагалы ^к	58
56	Дешт	37	115	Бёрме ^к	58
57	Узынтокай	37	116	Ханкяриз	58
58	Карпышли*	37	117	Газабад*	59
59	Пишандь*	37	118	Мамедабад	59
60	Сайван	38	119	Доукала	59
61	Прохладное	39	120	Бенседен	59
62	Хатерче*	41	121	Карабугра	59
63	Хартут*	41	122	Бами	60
64	Махтумкала	41	123	Яганказах ^к	60
65	Курорт Арчман	42	124	Шоркуюсы ^к	60
66	Тернаули*	42	125	Дештен-Каласи*	60
67	Карагыль	42	126	Кушки-Поик*	60
68	Аккая	43	127	Кале-Джан*	60
69	Гебесеуд	44	128	Туп-Чина*	60
70	Атаберды*	44	129	Первозли ^к	61
71	Дерван*	44	130	Текимоор	61
72	Келатейе-Чинар	44	131	Ших*	62
73	Парвиз*	45	132	Пиш-Кала*	62
74	Сюлюкли	45	133	Мехинсу	62
75	Бечедере*	45	134	Каракель	63
76	Сюнче	46	135	Аша-Инча*	63
77	Ж/д разъезд №101	46	136	Кашкабад	63
78	Арчман	46	137	Топаз ^к	64
79	Сарли	47	138	Яраджи	65
80	Мурче	47	139	Кейикгадана	65
81	Юванкала	48	140	Чокот ^к	65
82	Иштут*	49	141	Кале-Джиг*	66
83	Минзоу*	48	142	Яхталык	66
84	Киздер-Кале*	48	143	Зау	66
85	Арапчук	49	144	Черентенли ^к	66
86	Дурун	50	145	Куркулаб	66
87	Бахарден	50	146	Келята	67

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
147	Аляли*	67	208	Ширабад*	77
148	Уис-Баши*	67	209	Гувендер*	77
149	Бурбур*	68	210	Шахабад*	77
150	Казан-Кая*	68	211	Коты ^к	77
151	Хаджиолен	69	212	Чахманлу*	78
152	Джеджирс	69	213	Кумкель	78
153	ж/д разъезд №105	70	214	Каламелю*	79
154	Хас	70	215	Махманак*	79
155	Кизыл	70	216	Хасансу*	80
156	Седжик*	70	217	Калехан*	80
157	Джафарабад*	70	218	Пархагар*	81
158	Деонгян*	71	219	Инча*	81
159	Кашатепе*	71	220	Кази*	81
160	Кириккале*	71	221	Кодж	81
161	Хаджимерген ^к	71	222	Кешенак*	83
162	Подсобное хозяйство	72	223	Тернавли*	83
163	Чурчури*	73	224	Нияздепе ^к	83
164	Ашхане*	73	225	Шахрабад*	84
165	Чагылдепе	73	226	Карасингер ^к	84
166	Карамсали*	74	227	Барбари*	84
167	Кизыл-Хтан*	74	228	Чемели	84
168	Ак	74	229	Хозенех ^к	85
169	ж/д разъезд №96	74	230	Чакмакли*	85
170	Карыкяриз	75	231	Джапар-Кули*	85
171	Ходжагала	75	232	Зард*	86
172	Алчакли*	76	233	Текедере ^к	86
173	Моллакурбан* ^к	77	234	Еки-Чинар*	87
174	Амент*	77	235	Куридарван*	88
175	Сюрюк*	77	236	Шаполат ^к	88
176	Дашахыр ^к	78	237	Хавур*	89
177	Курбанъяз ^к	78	238	Гярм-Хане*	89
178	Донгтыры ^к	78	239	Ингекале*	90
179	Хельванчешме*	78	240	Терсакан	90
180	Алимахаммед*	79	241	Пурнаур	90
181	Дардали	80	242	Сарип ^к	90
182	колхоз им. Ниязова	80	243	Коюнеджи ^к	90
183	Верхний Чемели	82	244	Джаузак*	91
184	колхоз "Путь ленинизма"	82	245	Севальды*	93
185	Зейдар*	83	246	Сарип	93
186	Ярташ*	83	247	ж/д разъезд №108	93
187	Психбольница	84	248	Бирлешик-1	93
188	Варкас	85	249	Ахал	93
189	колхоз им. Ворошилова	85	250	Кастан*	94
190	Каратгылы ^к	86	251	Марава-Тепе*	94
191	Хайрабад	86	252	колхоз им. Чкалова	94
192	к-з им. Байрамдурдыева	87	253	Монжуклы	94
193	Бужнурд	88	254	Хурмантгедже	95
194	Нижн. Зиновьевка	88	255	Чаек	95
195	Подсобное хозяйство	88	256	Бандамур*	96
196	Туркменшагал	89	257	Кулма ^к	96
197	Геоктепе	89	258	Котур ^к	96
198	Нова	90	259	Совх. Геоктепинский	96
199	колхоз "Комсомол"	92	260	ж/д разъезд №109	97
200	ж/д ст. Бюзмеин	102	261	Серани*	98
201	Безмеин	112	262	Сога*	98
202	Ашхабат	130	263	Карадам*	99
203	Берзенги	130	264	Чуканлу*	100
	<u>2-3 балла</u>		265	Чинапаран*	100
			266	Шарлоук	101
204	Кошара	75	267	Огланджик ^к	102
205	Азизабад*	75	268	Азат-Туркмен	102
206	Биар*	76	269	Поликанлы*	103
207	Кизыл*	76	270	Ак-Мам*	103

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
271	Аспаху*	103	316	Хейдарабад*	92
272	Изгант	103	317	Аджикуи ^к	95
273	Бабараб	103	318	Шоркала	96
274	Кизыларват	105	319	Янтаклы	97
275	Пуле*	107	320	Келеджар	97
276	Аютли*	108	321	Чули	98
277	Шарылок*	110	322	Горджаев	100
278	Актепе	110	323	ж/д разъезд №93	100
279	ферма с-за "Каракуль"	111	324	Каракак ^к	103
280	Джанахыр	111	325	Фирюза	106
281	Алыбег	112	326	Ванновский	106
282	Зейнаданли*	112	327	Сары-Камыш*	109
283	Ших-Камерли*	112	328	Хаджи-Кельды*	110
284	Карнава*	113	329	Сузеш*	111
285	Ясмансалык	113	330	Люиндуру	113
286	Эриккала	114	331	Сайоу	113
287	Шарлоук	114	332	Буполот ^к	114
288	Багир	115	333	Джанахир	115
289	Геокча	117	334	Ак-Токай*	115
290	Зиярет*	118	335	Богоджа*	118
291	Узынджа	118	336	Кизыл-Отау*	120
292	колхоз им. Ленина	118	337	Ильчешме-Дари*	120
293	Бикрова	121	338	колхоз им. О. Кулиева	120
294	Каледжа	123	339	Ялким	120
295	Невтонский	123	340	Пароу	120
296	Ширван*	124	341	Араб*	121
297	Карти ^к	124	342	Артыкходжа	121
298	Каранки	126	343	Карим-Ишан*	123
299	Туранлу*	127	344	Кайрак-Джинкель*	124
300	Аллакабаде-Когне*	128	345	Сарыкель ^к	124
301	Чоганлы	130	346	Туранкули ^к	128
302	Яблоновский	132	347	Зоу*	130
303	Тезеллы	133	348	Ясаглык*	135
304	Сокке*	135	349	Уржале*	137
305	Гями	135	350	Теджели*	140
306	Огаз-Кохне*	136	351	Ярдыкумбет ^к	143
307	Куртусу	136	352	Аннау	143
308	Первомайский	137	353	Балкуи ^к	144
309	Ж/д ст. Аннау	140	354	Калининский	145
310	Гаудан	141	355	ж/д разъезд №88	149
311	Баджигаран*	144	356	Комаровский	149
312	Куране-Туркие*	147	357	Кельты-Чинар	153
313	Карадамак	147	358	Маньш	155
314	Шамхоль*	150	359	Имамкули*	163
315	Дурб-Адам*	154			
	<u>Ощущалось</u>				

Примечание. Знаком * отмечены селения на территории Ирана, в которых значения балльности рассчитаны по [4]; знаком^к помечены колодцы.

Плейстосейстовая область землетрясения 21 октября характеризуется интенсивностью сотрясений 7 баллов. В её пределы входит селение Кёнекесир и иранское селение Ашраптал (рис. 1, табл. 2). Они отстоят от макросейсмического эпицентра на расстояние 3 и 4 км соответственно. Область вытянута в северо-восточном направлении. Длина продольной оси $l_a=15$ км, поперечной – $l_b=9$ км, их отношение $l_a/l_b\sim 1.7$ и площадь $S_7=113$ км², что в 2.3 раза больше плейстосейстовой области форшока 16 октября (см. наст. сб.).

Шестибалльная зона построена по характеру проявления землетрясения в 12 селениях, среди которых лишь 3 (Чукурюрт, Дайна, Кергели) расположены на территории Туркменистана, а 9 – в Иране. При этом интенсивность сотрясений в Чукурюрте и Дайне при $\Delta=6$ и 7 км соответственно составила 6-7 баллов, в Кергели – 6 баллов. В иранских селениях при $\Delta=8-17$ км

рассчитанная интенсивность сотрясений везде 6 баллов. Шестибалльная зона также имеет северо-восточное простирание с осями $l_a=32$ км, $l_b=23$ км и площадью $S_6=590$ км². Отношение длин осей составляет $l_a/l_b \sim 1.4$.

Пятибалльная зона, как и две предыдущие, имеет эллиптическую форму с осями 60 и 50 км и вытянута в северо-восточном направлении, но уже с меньшим соотношением осей $l_a/l_b=1.2$. Она является промежуточной между первыми двумя изолиниями высших баллов и четырёхбалльной, которая приобрела субкруговые очертания. В пятибалльной зоне находится 8 туркменских и 14 иранских селений, равномерно расположенных по всей её площади размером $S_5=2375$ км².

Четырёхбалльная зона охватывает площадь $S_4=7540$ км², при осях $l_a=100$ км и $l_b=97$ км; отношение осей составляет $l_a/l_b=1.03$, т. е. отражает круговую форму. Здесь расположено 54 населённых пункта. Удалённость селений от эпицентра в пределах 27-85 км.

Конфигурация трёхбалльной зоны резко отличается от изосейст высшей балльности, а именно: изосейсты семи-, шести- и пятибалльные вытянуты с юго-запада на северо-восток (предположительно из-за влияния скрытого глубинного разлома северо-восточного простирания), а трёхбалльная изосейста отражает реакцию известного глубинного разлома, проходящего с северо-запада на юго-восток. Таким образом, Кёнекесирское землетрясение возникло в зоне пересечения структур одного ранга, вследствие чего изосейсты отображают оба направления. Как правило, в таких случаях вытянутость изосейст высших баллов не всегда согласуется с простиранием изосейст низших баллов.

Подобный характер формы изосейст отмечен при Чиликском землетрясении 11.07.1889 г. в 22^h14^m [6] с $M=8.3$, $I_0=10$ баллов [7], где 8- и 9-балльные зоны имели субширотное тянь-шаньское простирание, а изосейсты низших баллов приобрели северную вытянутость, при этом 5-балльная изосейста вообще ориентирована в субмеридиональном направлении. Аналогичное расхождение в формах изосейст установлено и при Каратагском землетрясении 21.10.1907 г. в 04^h23^m [8] с $M=7.4$, $I_0=9$ баллов [7], где плейстосейстовая область характеризуется субширотной протяжённостью вдоль южногиссарских разломов, а 7-балльная область ориентирована в северо-восточном направлении. Значительное расхождение в ориентировке изосейст установлено во время землетрясения 03.08.1989 г. в 07^h42^m с $K_p=13.0$, $I_0=7$ баллов на Северном Кавказе [9]. Разнонаправленность высших и последующих изосейст отмечена нами [10] и при изучении Небитдагского землетрясения 18.05.1978 г. в 17^h14^m с $K_p=12.5$, $M=4.6$ [11].

Трёхбалльная зона Кёнекесирского землетрясения занимает площадь $S_3=21113$ км², длина продольной оси $l_a=180$ км, поперечной – $l_b=148$ км. В пределах этой зоны находится 113 селений, из них на территории Туркменистана – 72, Ирана – 41.

Вне трёхбалльной зоны учтено 112 пунктов с интенсивностью 2-3 балла (56 в Туркменистане и столько же в Иране). Ещё в 27 населённых пунктах Туркменистана землетрясение отмечено лишь отдельными людьми. Градация балльности для них определена степенью – "ощущалось".

Сравним параметры макросейсмического поля главного толчка и его максимального форшока (табл. 3). Сравнительный анализ приведенных параметров показывает, что предварительный толчок имеет значительно меньшие их значения.

Таблица 3. Параметры макросейсмического поля Кёнекесирских землетрясений: основного толчка 21.10. (жирным шрифтом) и максимального афтершока 16.10.

I, баллы	Дата, д м	l_a , км	l_b , км	l_a/l_b	\bar{l} , км	S , км ²
7 баллов	21.10.	15	9	1.7	6	113
6 баллов	21.10.	32	23	1.4	13.7	590
	16.10.	10	6	1.6	4	50
5 баллов	21.10.	60	50	1.2	27.5	2375
	16.10.	20	15	1.3	8.7	238
4 балла	21.10.	100	97	1.03	349	7540
	16.10.	50	40	1.2	22.5	1590
3 балла	21.10	180	148	1.2	82	21113

	16.10	95	80	1.3	44	6080
--	-------	----	----	-----	----	------

Отношение сотрясённых площадей при главном толчке и форшоке для I=6 баллов составляет $S_{6,г.т.}/S_{6,ф.-ка}=11.80$, для I=5 баллов – 9.98, для I=4 – 4.74, для I=3 – 3.47. Как видим, наблюдается резкое различие отношения площадей, охваченных высшими (I=5, 6) и низшими (I=3, 4) баллами: для первых это соотношение достигает десятикратного превышения, для вторых – в среднем четырёхкратного.

Затухание балльности. Рассмотрим более детально карты изосейст землетрясения 21 октября и его форшока 16 октября с целью оценки коэффициентов затухания ν макросейсмической интенсивности. Исходные данные представлены в табл. 4, 5. Для каждого интервала балльности ΔI рассчитывался коэффициент ν_a затухания сотрясений вдоль продольной оси изосейсты l_a , коэффициент ν_b вдоль поперечной оси l_b и средняя величина – $(\nu_a+\nu_b)/2$. Затем были рассчитаны средние значения коэффициентов затухания $\bar{\nu}_a$, $\bar{\nu}_b$ по всем интервалам ΔI в совокупности и, наконец, общее среднее $\bar{\nu} = \{(\nu_a+\nu_b)/2\}_{ср}$, которое характеризует обобщенный коэффициент затухания интенсивности сотрясений для данного конкретного землетрясения.

Таблица 4. Коэффициенты затухания балльности Кёнекесирского землетрясения 21 октября

Интервал ΔI , баллы	Направление от эпицентра				$(\nu_a+\nu_b)/2$
	Вдоль главной оси		Вкrest главной оси		
	l_a , км	ν_a	l_b , км	ν_b	
7 – 6	32	3.7	23	3.0	3.3
6 – 5	60	4.5	50	3.5	4.0
5 – 4	100	3.9	97	5.4	4.6
4 – 3	180	-	148	-	-
		$\bar{\nu}_a=4.0$		$\bar{\nu}_b=3.9$	$\bar{\nu}=3.9$

Таблица 5. Коэффициенты затухания балльности Кёнекесирского землетрясения 16 октября

Интервал ΔI , баллы	Направление от эпицентра				$(\nu_a+\nu_b)/2$
	Вдоль главной оси		Вкrest главной оси		
	l_a , км	ν_a	l_b , км	ν_b	
6 – 5	20	2.5	15	2.3	2.4
5 – 4	50	3.6	40	3.3	3.5
4 – 3	95	-	80	-	-
		$\bar{\nu}_a=3.1$		$\bar{\nu}_b=2.8$	$\bar{\nu}=3.0$

Осреднённый по разным направлениям коэффициент $\bar{\nu}$ затухания макросейсмической интенсивности составляет для главного толчка – $\bar{\nu}=3.9$, а для форшока – $\bar{\nu}=3.0$. Как видим, общий коэффициент $\bar{\nu}$ для главного толчка хорошо соответствует региональному значению коэффициента затухания макросейсмического поля, установленному в [4] и равному: $\bar{\nu}=3.8$, но для форшока он меньше.

Рассматриваемые выше системы изосейст необычны в том плане, что изосейсты высших баллов ориентированы поперёк структур горных массивов и, следовательно, традиционно анализируемые в макросейсмике коэффициенты затухания сотрясений вдоль геологических структур ($\nu_{||}$) и поперёк структур (ν_{\perp}) для землетрясений 16 и 21 октября неидентичны коэффициентам затухания вдоль оси изосейсты (ν_a) и поперёк неё (ν_b). В данном случае следует ставить в соответствие $\nu_{||} \rightarrow \nu_b$ и $\nu_{\perp} \rightarrow \nu_a$. Тогда получаем, что вдоль структур интенсивность сотрясений поглощается медленнее ($\nu_{||} = \nu_b=3.9$ и 2.8 для главного толчка и его афтершока соответственно), чем поперёк ($\nu_{\perp} = \nu_a=4.0$ и 3.1), что согласуется с традиционными представлениями [12].

Линейные размеры очага. Форма первой изосейсты связана с линейными размерами и ориентацией очага землетрясения. Горизонтальную протяженность L_x очага можно вычислить по [13]:

$$L_x = d_{1max} - d_{1min},$$

где d_{1max} и d_{1min} – наибольший и наименьший диаметры первой изосейсты. Полагая $d_{1max}=\ell_{1a}$ и $d_{1min}=\ell_{1b}$, мы имеем: для главного толчка $L_x=6$ км, для форшока – $L_x=4$ км. Вертикальная протяжённость W по [14] соответственно равна:

$$W_1=1.5 \text{ км}, W_2=3.5 \text{ км}.$$

Согласно [13]: $W_1=3.5$ км, $W_2=3.5$ км.

Осреднённые оценки: $W_1=2.5$ км, $W_2=6$ км.

Глубина очага, определённая по макросейсмическим данным, составляет $h_{10M} = 13$ км, $h_1 = 12$ км для землетрясения 16 октября и $h_{10M} = 15$ км, $h_1 = 13$ км для землетрясения 21 октября.

Основные параметры землетрясений представлены в табл. 6, где указаны инструментальные и макросейсмические характеристики обоих толчков.

Таблица 6. Основные параметры Кёнекесирских землетрясений 16 и 21 октября 1994 г.

Дата д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр				K_p	I_0	h , км	h_{10M} км	h_f км	Кол-во изосейст	Кол-во пунктов	L_x , км	L_z , км
		Инструмент.		Макросейсм.										
		φ°, N	λ°, E	φ°_M, N	λ°_M, E									
16.10	10 09 40	38.30	57.02	38.20	56.95	12.1	6	3±1	13	12	4	51	4	2.5
21.10	11 46 22	38.28	57.00	38.20	56.95	13.5	7-8	5	15	13	5	359	6	5.2

Сеймотектонические условия в очагах Кёнекесирских землетрясений. Землетрясения 16 и 21 октября приурочены к Арчман-Нохурскому тектоническому узлу, который относится к позднеальпийской складчатой системе Западного Копетдага и входит в Эльбурс-Кёнекесир-Арчманскую сейсмогенную зону [15].

Эльбурс-Кёнекесир-Арчманская зона протягивается от Эльбурской горно-складчатой системы до Арчман-Нохурского тектонического узла и доходит, возможно, до Дуябоюнской раздробленной зоны. Для Копетдагской части этой зоны характерен участок наибольшего напряжения - зоны тектонического стресса. Здесь развиты интенсивные горизонтальные движения складчатых (палеоген-меловых) слоёв в виде левых сбросо-сдвигов с небольшим вертикальным перемещением. Эта же сейсмогенная зона является областью сочленения правых перемещений, характерных для восточного Копетдага. Арчман-Нохурский тектонический узел, через который прослеживается Эльбурс-Кёнекесир-Арчманская зона, представляет собой как бы "сकुчивание" складок, которые совпадают с вершиной Туркмено-Хорасанской дуги, отмечая приложение максимальных напряжений сжатия, действовавших почти в меридиональном направлении. Для этого участка характерно, что все складки, за исключением Передовой цепи и предгорий, имеют широтное или юго-западное направление, а к востоку от него все основные пликативные структуры ориентированы в юго-восточном направлении [16]. Всё это подтверждает, что вдоль зоны приложены колоссальные горизонтальные сжатия. Обусловленная ими интенсивная её деформация выражена на обнажениях складчатой структуры, в основном, в виде левых сбросо-сдвиговых, а также правых сбросо-сдвиговых тектонических подвижек, намного превышающих вертикальные составляющие [17-18]. Для зоны характерна высокая сейсмическая активность. Особенно сейсмоактивна Иранская часть зоны, где происходили сильные разрушительные землетрясения с магнитудой до 7.5 и с интенсивностью 9-10 баллов. Здесь широко развиты древние и современные сейсмодислокации [19-20].

Таким образом, направление складчатых структур, а также плейстосейстовых зон Кёнекесирских землетрясений, горизонтальные перемещения слоёв, наличие сейсмодислокаций, высокая сейсмическая активность подтверждают существование поперечной, по отношению к Копетдагу, Эльбурс-Кёнекесир-Арчманской сейсмогенной зоны северо-восточной ориентации.

Л и т е р а т у р а

1. **Сейсмологический бюллетень за 1994 год (ежедекадный).** / Отв. ред. О.Е. Старовойт, А.И. Захарова. Обнинск: ОМЭ ИФЗ РАН.
2. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. 1965.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: Межведомственный геофизический комитет при Президиуме АН СССР. 11 с.

3. **Шебалин Н.В. 1975.** Об оценке сейсмической интенсивности // Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. М: Наука. С. 87-109.
4. **Голинский Г.Л. 1977.** Уравнения макросейсмического поля землетрясений Туркмении // Изв. АНТ. Сер. ФТХ и ГН. №1. С. 69-74.
5. **Аширов Т.А., Аннаорова Т.А., Голинский Г.Л., Гаипов Б.Н. и др. 1999.** Гаррыгалынкское землетрясение 6 октября 1992 г. // Сейсмологический бюллетень Туркменистана. Ашхабат: Ылым. №2. С. 57-64.
6. **Мушкетов И.В. 1891.** Чиликское землетрясение 1889 г. // Материалы для изучения землетрясений России. (Приложение к 27 т. Известий Российского географического общества). Ч. I. Санкт-Петербург: Типография Имперской АН.
7. **Михайлова Р.С., Каток А.П., Матасова Л.М., Джанузаков К., Сыдыков А. (отв. сост.). 1977.** Сейсмологические данные по регионам. III. Средняя Азия и Казахстан // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времён до 1975 г.). М. Наука. С. 198-296.
8. **Корольков А.Т. 1913.** Каратагское землетрясение 1907 г. // Изв. Турк. отд. РГО, 9.
9. **Богачкин Б.М., Габсатарова И.П., Захарова А.И., Лякумович Б.А., Новицкая Н.А., Рогожин Е.А., Старовойт О.Е. 1993.** Землетрясение 03.08.1989 г. на Северном Кавказе // Землетрясения в СССР в 1989 году. М.: Наука. С. 32-44.
10. **Голинский Г.Л., Мурадов Ч.М., Рахимов А.Р. 1981.** Детальное изучение Небитдагского землетрясения 18 мая 1978 г. // Изв. АНТ. Сер. ФТХ и ГН. С. 52-59.
11. **Городкова Т.Н, Рахимов А.Р. (отв. сост.) 1982.** Региональный каталог землетрясений Туркмении // Землетрясения в СССР в 1978 году. М.: Наука. 109-123.
12. **Сейсмичность Туркмении. 1968.** / Ред. Непесов Р.Д. Ашхабат: Ылым. 201 с.
13. **Шебалин Н.В. 1974.** Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука. 54 с.
14. **Ризниченко Ю.В. 1985.** Очаговая сейсмология // Проблемы сейсмологии // М.: Наука. С. 9-33.
15. **Мурадов Ч.М. 1999.** Сейсмогенерирующие зоны Туркменистана // Материалы Международной конференции, посвящённые 50-летию Ашхабадского землетрясения 1948 г. Ашхабат: Ылым. С. 103-107.
16. **Амурский Г.И. 1966.** Тектоника Туркмении и сопредельных с ней территорий // Тектоника Туркмении. М.: Наука. С. 6-32.
17. **Крымус В.Н. 1966.** Разрывная тектоника Копетдага // Тектоника Туркмении. М.: Наука. С. 186-191.
18. **Расцветаев Л.М. 1966.** Разрывы Копетдага и их связь со складчатой структурой // Геотектоника. №3. С. 93-108.
19. **Полетаев А.И. 1983.** Современные дислокации зоны Главного Копетдагского разлома и некоторые вопросы корреляции сейсмических и геологических параметров // Геофизические условия в очаговых зонах сильных землетрясений. М.: Наука. С. 88-97.
20. **Расцветаев Л.М., Трифонов В.Г. 1965.** О сеймотектонических разрывах Центрального Копетдага // Современные движения земной коры. Т. 2. Тарту: Изд-во АН ЭССР. С. 183-190.

