

II. МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

УДК 550.348.436 (575.4)

БОДЖНУРДСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 4 ФЕВРАЛЯ 1997 ГОДА С $M_S=6.6$, $I_0=8$ (Копетдаг)

Б.Н. Гаипов, Г.Л. Голинский, Н.В. Петрова, Б.И. Ильясова, Ч.М. Мурадов, А.Р. Рахимов,

Л.В. Безменова, Д. Гарагозов, А. Ходжаев, К. Баймурадов, М.С. Рахманова

4 февраля 1997 г., в $10^{\text{h}}37^{\text{m}}$ в 25 км к северо-северо-востоку от иранского г. Боджнурд, в пределах Туркмено-Хорасанских гор, произошло сильное землетрясение. Величина его магнитуды по поверхностным волнам составила 6.6 [1,2]. Интенсивность сотрясений I_0 в эпицентре по данным визуального осмотра зданий Б.И. Ильясова, пострадавших при землетрясении, составила 8 баллов. Землетрясение предварялось двумя ощутимыми форшоками, за 43 и 28 минут до основного события, с $K_p=13.9$ и 10.7. Расчет интенсивности сотрясений в их эпицентрах по [3] дает $I_0^p=6-7$ и $I_0^p=5-6$ баллов, соответственно [4]. По сообщениям иранских газет [5,6] первый из них ощущался во многих селениях Мазендеранского и Хорасанского останов (областей) Исламской Республики Иран (ИРИ), в том числе в городах: Боджнурд – 5-6 баллов, Ширван – 5, Эсферайен – 4-5, Кучан – 3-4 баллов. Это событие явилось своеобразным предупреждением жителям Ирана, большинство из которых покинули рабочие места, выбежали на улицу и долго не возвращались в свои дома. В результате Боджнурдское землетрясение не вызвало многочисленных жертв, обычно сопровождающих подобные бедствия из-за конструктивных особенностей домов горных селений, возводимых, в основном, из сырцового кирпича или с глинобитными стенами с тяжелыми плоскими земляными крышами.

По сообщениям газет [5,6], сотрудника Отдела геофизики Тегеранского университета Zare Mehdi [7], начальника штаба по чрезвычайным ситуациям Ирана Расула Зергара [устное сообщение] пострадали сельские постройки в 52 селениях Боджнурдского остана и 11 – Ширванского. 20 селений разрушены на 100% [5,6], 55 – частично, свыше 5500 зданий разрушено и 11000 повреждено. Погибло более 100 человек, около 2000 ранено. Ущерб от разрушения зданий, мостов, дорог, автозаправочных станций превысил 30 млн. долларов США [2]. Сотрясения охватили всю северо-восточную часть ИРИ (от Горгана на западе до Мешхеда на востоке), а также обширную территорию Туркменистана. Землетрясением было разбито 180 км дорог, из-за чего появились трудности в оказании помощи пострадавшим, которых перевозили в городские госпитали Боджнурда и Ширвана, а также скотоводческим фермам (наступило время окота, поэтому 100000 голов нуждались в кормах в размере 20 тонн в день) [5,6]. Оказались разрушенными 870 скотоводческих ферм, без укрытия осталось 11500 голов скота.

В районы, охваченные землетрясением, для ликвидации его последствий, по сообщению губернатора Боджнурда Хасана Махмудийана [5,6], было направлено 20 бригад спасателей Национального общества Красного Полумесяца Ирана (НОКП), воинские подразделения и службы общего порядка. В распоряжение Боджнурдского штаба по ликвидации последствий землетрясения было выделено 2 вертолета, вездеходы, 10 тыс. палаток, 3 тонны медицинских материалов и ампулы для переливания крови, 4 тыс. одеял, 1 тыс. ручных переносных керосиновых ламп (фамусы), 200 штук приспособлений для приготовления пищи, походные кухни, тысячи единиц теплой одежды, 5 тонн риса, 2 тонны сахара, масло, чай, мука, консервные изделия и другие продукты питания.

Авторы настоящей статьи ощутили землетрясение в современном 3-этажном (с учетом цокольного этажа) здании Института сейсмологии Туркменистана. Характерные сотрясения стен, грохот бетонных плит потолочного перекрытия и резкие колебания полов вынудили большинство сотрудников выбежать из здания на улицу, где множество обитателей близлежащих домов уже "определяли" интенсивность сотрясений от землетрясения. В Институте была организована экспедиция по обследованию зоны проявления землетрясения (Ч. Мурадов, Г.Л. Голинский и др.). Редчайшим случаем в практике макросейсмических наблюдений землетрясений Копетдага

явилась инициатива представительства ООН в Ашхабаде направить в эпицентральной зоне землетрясения в ИРИ в качестве международного эксперта сотрудника Института сейсмологии, специалиста по сейсмостойкости сооружений **Б.И. Ильёва**, собравшего очень важные, бесценные данные о последствиях землетрясения в очаговой зоне. К сожалению, преждевременная смерть видного сейсмолога Туркменистана не дала ему возможности завершить анализ своих материалов, с содержанием которых в устной форме был ознакомлен Г.Л. Голинский, использовавший их в данной работе.

Макросейсмические обследования. Необходимо подчеркнуть, что вся работа по обследованию Боджднурского землетрясения выполнялась в тяжелых погодных условиях: накануне землетрясения после теплых январских дней район Хорасанских гор подвергся резкому похолоданию с обильным снегопадом. Было проведено обследование по кольцевому замкнутому маршруту и радиальным профилям (рис. 1). Замкнутый маршрут (Бюзмеин – Геок-Тепе – Бахарден – Арчман – Бами – Кизыларват, 1280 км) выполняли Ч. Мурадов и Г.Л. Голинский; юго-восточный (Гяурс – Атык – Каушут – Каахка – Душак – Теджен – Мары, 650 км) – Д. Гарагозов, А. Ходжаев, К. Баймурадов; северный и юго-восточный (по песчаным районам Каракумов и горной местности, пограничной с Ираном, 812 км) – Г.Л. Голинский и Ч. Мурадов. Методика обследования заключалась в осмотре зданий и других построек селений с одновременным определением их конструктивных особенностей и градацией по типам, соответствующим шкале MSK-64 [8]. Важным условием успешного общения с жителями являлось присутствие представителей местных органов власти, сопровождавших сейсмологов.

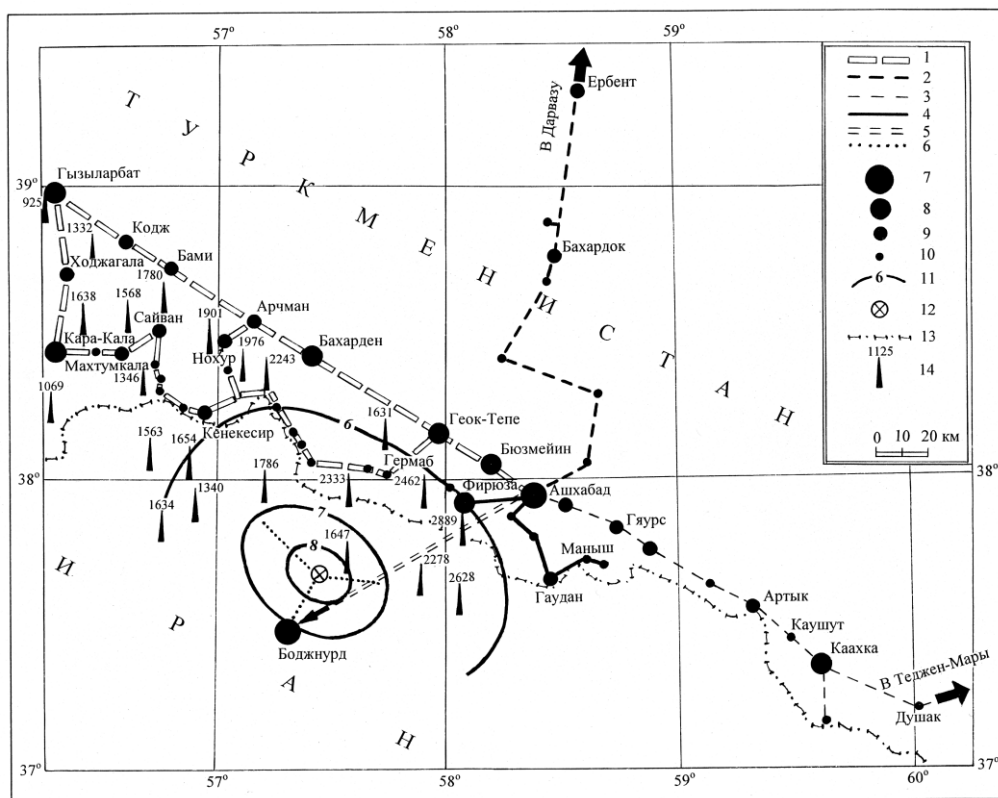


Рис. 1. Схематический план маршрутов обследования Боджднурского землетрясения (составил Г.Л. Голинский)

1 - 6 – маршруты: основной, северный, восточный, южный, эпицентральный, в плейстосейстовой зоне, соответственно; 7 – город; 8 – крупный поселок городского типа; 9 – крупный сельский поселок; 10 – селение; 11 – изосейста; 12 – макросейсмический эпицентр; 13 – государственная граница; 14 – гора, перевал, с отметкой высоты над уровнем моря.

По данным экспедиции Боджднурское землетрясение ощущалось на площади 422900 км², из которых более 200000 км² приходится на территорию Туркменистана. Плейстосейстовая область с сильными повреждениями зданий расположена, в основном, в районах альпийской системы Туркмено-Хорасанских гор, представляющей гигантскую дугу, обращенную выпуклостью на север. Она разделяет собой две пустыни – Каракумы на севере в Туркменистане и Дешт-и-Кевир на юге, в Иране. Преобладающая часть сотрясений проявилась в Иране, в южных

отрогах Копетдага. Но довольно сильные колебания ощущались и в приграничных районах Туркменистана (Каракалинском и Ашхабадском), расположенных в межгорных участках с множеством высокогорных вершин: Тогргайлар (925 м), Ревюм (1332 м), Бамысайван (1780 м), Тагарав (1976 м), Улыдепе (1631 м), Душакерендаг (2462 м), Чапан (2889 м).

Эпицентральная зона характеризуется отсутствием железнодорожных линий, благоустроенных шоссеиных дорог, нефте- и газовых трубопроводов. Жилые строения в преобладающем большинстве представлены одноэтажными, редко двухэтажными домами местной постройки, чаще всего, без заглубленного фундамента. Стены домов возведены из неотесанного бутового камня округлой формы, уложенного на глиняном растворе. Крыши этих зданий — плоские, покрытые сверху глиняной смазкой. Основной их недостаток заключается в отсутствии мауэрлатов — деревянных пластин, укладываемых вдоль стен и скрепленных со стенами. Вместо увязки крыши с мауэрлатами, равномерно распределяющими ее нагрузку на весь периметр стен, она настилается поверх потолочных балок, создавая точечные напряжения на стенах. При воздействии землетрясения балки разрушают стену и, падая, увлекают за собой и крышу, приводя к гибели жителей в таких зданиях.

В селениях Туркменистана землетрясение вызвало сотрясения до 6 баллов. Многие жители названных выше приграничных районов, услышав подземный гул со стороны Ирана и сильный треск зданий, выбежали на улицу еще во время предварительного толчка. Во время основного землетрясения в домах появились трещины в дверных и оконных откосах, в углах стен и в местах примыкания внутренних перегородок, произошло осыпание штукатурного слоя и известковой побелки, отворялись двери комнат, шкафов. Раскачивались электропровода и деревья. На некоторых горных погранзаставах произошли камнепады. Ниже приведены подробности воздействия землетрясения для курортного поселка *Фирюза* и столицы республики г. *Ашхабада*.

Фирюза. Особенно сильные повреждения произошли в курортном пос. Фирюза. Наиболее пострадавшими оказались дома, построенные из сырцового кирпича в конце XIX и в начале XX веков (1890-1915 гг.). В магазине, занимавшем одно из этих строений, полностью обвалилась юго-восточная наружная стена. Во внутренних стенах, в местах их сочленения, образовались значительные вертикальные и косо-направленные сквозные трещины. Ремонт здания оказался нецелесообразным: оно непригодно для дальнейшей эксплуатации. Часть здания председателя местной власти, надстроенная в виде второго этажа из деревянных конструкций, также получила серьезные повреждения: вертикальные сквозные трещины шириной 3-5 см на всю высоту стены, тонкие трещины в углах всех комнат, в стыках каркаса, упали крышки потолочных светильников. Комплекс здания Центрального детского санатория состоял из части сооружений, построенных после Ашхабадского землетрясения 1948 г., которые под воздействием Боджнурдского землетрясения 1997 г. получили серьезные повреждения. В современном 2-этажном здании лечебного корпуса от основной стены отошла перегородка; на втором этаже образовалась продольная трещина шириной 2 см над оконными перемычками, трещины во внутренних перегородках и в стыке потолочной плиты с ригелем. Здание 3-этажной школы №30 на 760 человек, которое возведено в 1978-80 гг. по индивидуальному проекту в сейсмостойком варианте на 9 баллов, получило множество повреждений, несовместимых с подобными конструкциями. В библиотеке школы возникли сквозные вертикальные трещины шириной 2-3 см в местах примыкания внутренних перегородок к опорным стойкам; в месте стыка сопредельных корпусов здания образовался отрыв вертикального ригеля от стены 1-го этажа. В кабинете директора отмечено нарушение стыка потолочной железобетонной плиты с поперечной несущей балкой. Такие же деформации образовались на 2 и 3-м этажах, на лестничных маршах, в классных помещениях.

Ашхабад. Несмотря на удаленность города от эпицентра (85-90 км), землетрясение ощущалось достаточно сильно, хотя и неодинаково в разных его частях, в зависимости от грунтово-геологических условий. На участках, сложенных гравийно-галечниковыми породами конусов выноса с глубоким залеганием уровня грунтовых вод (УГВ), расположенных в южной и западной частях города, сейсмический эффект едва превышал 4 балла, в отдельных случаях достигая 4-5 баллов. В пределах комплекса супесчано-суглинистых отложений периферийных частей конусов выноса и межконусных понижений с УГВ=5 м ощущались 5-6-балльные сотрясения. На неблагоприятных площадях супесчано-песчаных пород с УГВ=2-3 м, распространенных в северных и восточных районах города, отмечены сотрясения до 6 баллов. Выборочный осмотр зданий, проведенных Г.Л. Голинским почти по всей территории Ашхабада, свидетельствует об однородной реакции зданий различной конструкции и этажности, возведенных

с учетом 9-балльной сейсмичности: в них не произошли конструктивные повреждения, а возникли только структурные нарушения. В основном это проявилось в растрескивании сейсмодеформационных швов, прикрывающих соединения отдельных блоков зданий. Образование трещин на всю высоту здания в области деформационных швов обнаружено в следующих местах: в кирпичных 2-этажных домах серии 1-195 и 263 по проспекту Махтумкули (№ 37,42,48,50,59-школа №12, 68,72-статуправление), в комплексе зданий АН на ул. Комсомольской (№16-Институт ботаники, 18-библиотека, 20,а-Институт сейсмологии, в Институте физико-техническом), на ул. Чехова (№57), на ул. Первомайской (№38), среди жилых домов 30-го микрорайона, на ул. Островского (№18 и др.), в 3-этажных кирпичных домах серии 1-295, в домах комплексного типа серии 1Т-395 (монолитный каркас с кирпичным заполнением). Аналогичные трещины обнаружены на проспекте им. Туркмен-баши (№27,29,49), на проспекте Махтумкули (№8,49,52,57,78), по ул. Первомайской (№14,40), на ул. Атабаева (№30,32,34), в построенных по индивидуальному проекту зданиях Туркменского Госуниверситета и в здании 4-этажного драматического театра. К наиболее сейсмостойким зданиям следует отнести 4-этажные крупнопанельные дома серии 1-464с, 1-УЗ-500 ТСП-76, которые возведены в отдельных микрорайонах города. Обладая взаимосвязанной системой вертикальных, продольных и поперечных диафрагм стен, образующих коробчатую структуру высокой пространственной жесткости, они оказались хорошо приспособленными к восприятию сейсмических нагрузок. Но и в этих зданиях появились специфические повреждения: тонкие горизонтальные и вертикальные трещины в стыках наружных панелей, в местах примыкания маршей внутренних лестничных клеток, в сопряжениях потолочных плит перекрытия со стенами, между внутренними перегородками.

Во всех селениях, расположенных вокруг Ашхабада, Боджнурское землетрясение вызвало сильный испуг жителей, многие из которых в панике выбежали из домов и долгое время не решались возвращаться. У людей, работавших во дворах, ощущалось головокружение, тошнота, неустойчивое состояние, но эти признаки быстро прошли, оставив лишь неприятные воспоминания. В домах слышалось дребезжание посуды и оконных стекол, с потолков осыпалась пыль; в некоторых домах падали предметы на столах, выплескивалась вода из ведер и других емкостей, вокруг дверных и оконных проемов возникли трещины в штукатурке; отчетливо наблюдались колебания висячих предметов – люстр, электролампочек; сдвигались с места портреты, висевшие на стенах.

Карта изосейст (рис. 2) Боджнурдского землетрясения построена на основе интерпретации данных, полученных с личным участием Б.И. Ильсова в осмотре зданий, расположенных в эпицентральной зоне Ирана, а также по материалам публикаций периодической печати [5,6] и специальной литературы [7]. Приграничная область Ирана и районы Туркменистана обследованы и описаны эпицентральной экспедицией института, а также использованы сведения индивидуальных наблюдений заведующих сейсмическими станциями. Общее число обследованных пунктов – 996 (543 – на территории Ирана, 453 – в Туркменистане). Ввиду большого числа населенных пунктов их перечень дан в конце статьи в виде Приложения (селения, в которых землетрясение не ощущалось, в таблицу не включались). В эпицентральной зоне и в областях 7-8, 7- и 6-7-балльной интенсивности сотрясений сосредоточены только селения Ирана.

Плотность населенных пунктов разная: она велика на территории Ирана и довольно мала в пределах Туркменистана. Это объясняется древней традицией основывать селения вблизи рек, озер, в межгорных долинах — у водных источников. Северные районы Туркменистана занимают обширные области Каракумов, отличающихся безводным пространством и тяжелыми условиями проживания. Однако эта, казалось бы, безжизненная пустыня, облагоустроена плодами человеческих рук — колодцами, вблизи которых образуются мини-селения, обычно состоящие из одной-двух семей чабанов и множества отар мелкого и крупного скота, особенно верблюжьих. В основном они располагаются в 15-20, реже 25-30 км один от другого, оснащены полевыми электро- и радиоустановками, ветряками и даже газовыми плитами. Часто такие пункты постепенно преобразуются в селения. Так, бывшие колодцы Аккую, Ирикли, Сюльмен, Атакую и другие, в настоящее время являются одноименными поселками, население которых составляет 500-1000 и более человек. При этом обитатели вблизи колодцев имеют хорошую связь с соседями: любые "новости" вскоре становятся достоянием всех, в силу чего информацию о землетрясении, полученную обследователем в зоне одного колодца, можно считать исчерпывающей для достаточно большого района. Этим экономятся время, материальные средства и транспортные расходы.

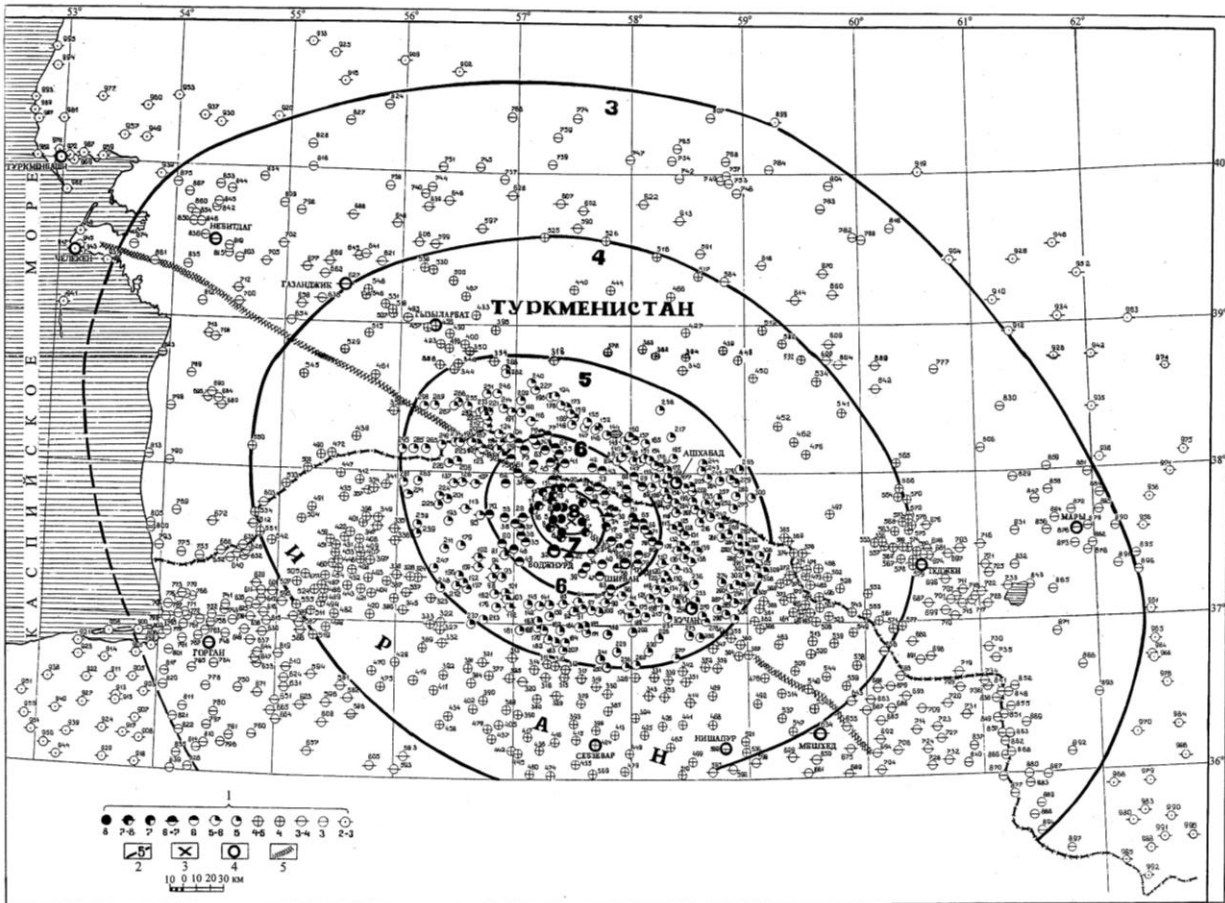


Рис. 2. Карта изосейст Боджнурдского землетрясения 4 февраля 1997 г. в $10^h 37^m$ ($K_p=15.6$; $MS=6.6$; $I_0=8$ баллов (составил Г.Л. Голинский))

1 – интенсивность сотрясений I в баллах по шкале MSK – 64 [8]; 2 – изосейста; 3 – эпицентр по макросейсмическим данным; 4 – крупные города; 5 – разлом.

Проведение изолиний на карте изосейст осуществлено по методике В.Н. Шебалина [9]. Полнота и надежность сведений о проявлении сотрясений в разных пунктах неодинакова. Тем не менее, ошибка определения балльности не превосходит ± 0.5 балла. Макросейсмический эпицентр близок к инструментальному, полученному региональной сетью Туркменистана [4].

Основные параметры макросейсмического поля Боджнурдского землетрясения даны в табл. 1, из которой видно почти равномерное нарастание протяженности изосейст в продольном и поперечном направлениях со средним коэффициентом, равным 1.3. Соотношение последующих площадей к предыдущим также сохраняет тенденцию равного увеличения, наблюдающегося до 5-балльной зоны включительно. Однако затем, для 4- и 3-балльной зон, отмечается значительно большее увеличение площадей сотрясений. Вероятно, это связано с заниженной оценкой балльности на периферийных участках этих зон. Очевидно, здесь следует принять во внимание то, что землетрясение произошло в дневное время, когда большинство людей находились в движении, в работе и вообще в бодрствующем состоянии, из-за чего слабые признаки землетрясения не были замечены.

Таблица 1. Параметры макросейсмического поля Боджнурдского землетрясения

I, балл	Протяженность изосейст, км			l_a/l_b	Радиусы r изосейст, км			Площадь $S \cdot 10^3$, км ²	$(S_{i+1})/S_i$
	l_a	l_b	l_{cp}		r_a	r_b	r_{cp}		
8	30	18	24	1.7	15	9	12	0.45	
7	60	45	52	1.3	30	22	26	2.12	4.3
6	130	100	115	1.3	65	50	57	10.20	4.8
5	290	215	250	1.3	145	107	126	49.85	4.1
4	500	310	405	1.6	250	155	202	128.10	2.6
3	835	660	750	1.2	417	330	373	436.87	3.4

На нормативных картах сейсмического районирования (СР) территории СССР (СР-68 [10] и СР-78 [11]), а также на новой Национальной карте Туркменистана (СР-99 [12,13]), район проявления Боджднурдского землетрясения на территории Туркменистана традиционно относится к 9- и 8-балльным зонам сотрясений и, следовательно, наблюдаемая интенсивность сотрясений в 8 баллов даже в эпицентральной зоне Боджднурдского землетрясения не превысила нормативной оценки сейсмической опасности [12,13], прогнозируемой для приграничной территории.

Инструментальные данные. Результатам региональных определений координат очагов форшока и основного землетрясения уделялось особое внимание: акцент делался на выявлении четкости вступлений Р- и S-волн. Для обоих событий (максимального форшока и основного толчка) вступления довольно четкие для большинства станций, к тому же азимутальное окружение станций (рис. 3а,б) является удовлетворительным, с углом охвата около 200° (окружности диаграммы проведены с шагом 100 км). Решение гипоцентров найдено с помощью блочных годографов Копетдага, заданных аналитическими выражениями для расчетов на ЭВМ [14] с применением программы LOCTRY [15]. Проведен подробный анализ кинематических невязок для каждой станции на предмет их надежности при определении параметров очага. Для этого строились графики зависимости станционных невязок от эпицентрального расстояния и азимута (рис. 3в,г), которые характеризуют довольно высокую точность определения координат эпицентров.

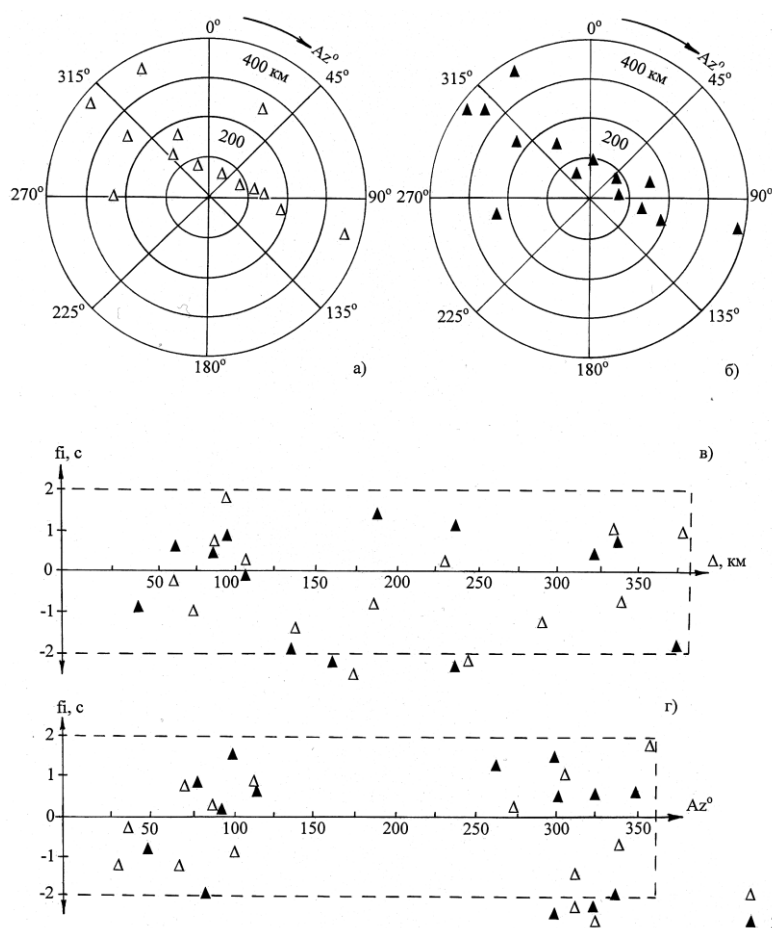


Рис. 3. Полярная диаграмма расположения сейсмических станций Туркменистана вокруг эпицентров форшока в 09^h53^m (а) и Боджднурдского землетрясения (б). Зависимость станционных невязок для форшока в 09^h53^m и Боджднурдского землетрясения от эпицентрального расстояния (в) и азимута на эпицентр (г).

1 – форшок; 2 – главный толчок.

Особого внимания заслуживает оценка глубины залегания очага землетрясения, для чего необходимы близкие станции с $\Delta \leq 3h$. Эти условия для обоих землетрясений почти выполняются, так как эпицентральные расстояния четырех станций находятся в пределах 100 км: для форшока — станции "Гермаб" ($\Delta=55$ км), "Ванновская" (75 км), "Ашхабад" (95 км), "Сунча" (97 км); для

основного землетрясения — станции "Гермаб" (45 км), "Кёнекесир" (68 км), "Сунча" (85 км) и "Ашхабад" (90 км). По региональным определениям значения глубины для этих землетрясений оказались одинаковыми $h_n=25$ км и соответствуют границе раздела между гранитным и базальтовым слоями (границе Конрада). По результатам макросейсмических данных глубина также равна $h_m=25$ км.

Региональные решения гипоцентров форшока и основного события по ближним станциям сравниваются с таковыми по данным удаленных [MOS] и далеких [ISC] станций на рис. 4.

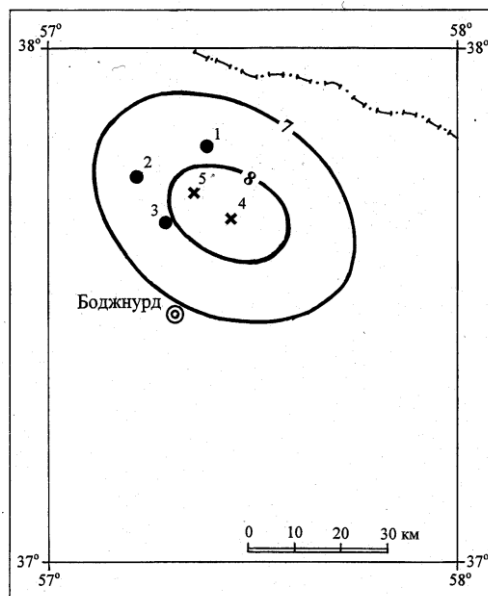


Рис. 4. Сопоставление изосейст 8 и 7 баллов с положением эпицентра Боджнурдского землетрясения по инструментальным (1 – Туркменистана [4]; 2 – MOS [1]; 3 – USGS [2]) и макросейсмическим данным: 4 – Туркменистана (на рис. 2), 5 – Ирана [7].

Как видно, результаты определений координат эпицентров рассматриваемых землетрясений по региональной сети станций Туркменистана [4], станциями СНГ (Обнинск) [1] и ISC (США) [2] в принципе совпадают. Разница, которая наблюдается в значениях глубин, составляет $\delta h=15$ км. Это может быть связано с отсутствием близких станций в службе [1]: самая близкая станция "Кизыларват" удалена от эпицентра на $\Delta=170$ км, остальные расположены на расстояниях, превышающих 1000 км. Поэтому значение глубины $h=10$ км, определенное в [1,2], можно считать лишь приближенным.

Особенности поля афтершоков Боджнурдского землетрясения проанализированы на площади большей, нежели по классической формуле $\lg S=M-3.15$ Утсу и Секи [16], по которой при $M=6.6$, $S=2818$ км² или $r_a=30$ км. Это связано отчасти с погрешностями локализации афтершоков. Сейсмические станции Туркменистана при створе более 200° и ближайшей станции "Гермаб" в 40 км позволили локализовать афтершоки с небольшими ошибками (5-15 км). Однако в первые дни после основного толчка частота афтершоков была настолько высока, что их записи накладывались друг на друга, увеличивая ошибку определения координат в некоторых случаях до ± 50 км и более. Поэтому был проанализирован район в пределах координат $35.0-39.5^\circ N$, $55.0-61.0^\circ E$, с $S \approx 2.4 \cdot 10^6$ км². Общее число афтершоков составило несколько тысяч. Представительными для Боджнурдской очаговой зоны, согласно [17], являются землетрясения с $K_p \geq 8$, однако в анализ включены и более слабые события с $K_p=7$. В пределах указанных координат на рис. 5 представлены карты эпицентров землетрясений за разные периоды времени. Определенной закономерности в возникновении фор- и афтершоков Боджнурдского землетрясения в пространстве и во времени не замечено – события возникали хаотично по площади и глубине, в разных направлениях от основного толчка, не образуя никакого определенного створа для последующих более сильных афтершоков, не подготавливая для них заранее никаких "дорожек". Густое облако афтершоков вытянуто меридионально в обе стороны от эпицентра главного толчка. Можно лишь предположить, что меридиональное ($AZM=190^\circ$) разрывообразование было билатеральным, но ввиду линейно-вытянутого расположения сети сейсмических станций Туркменистана не хватило данных для этого подтверждения.

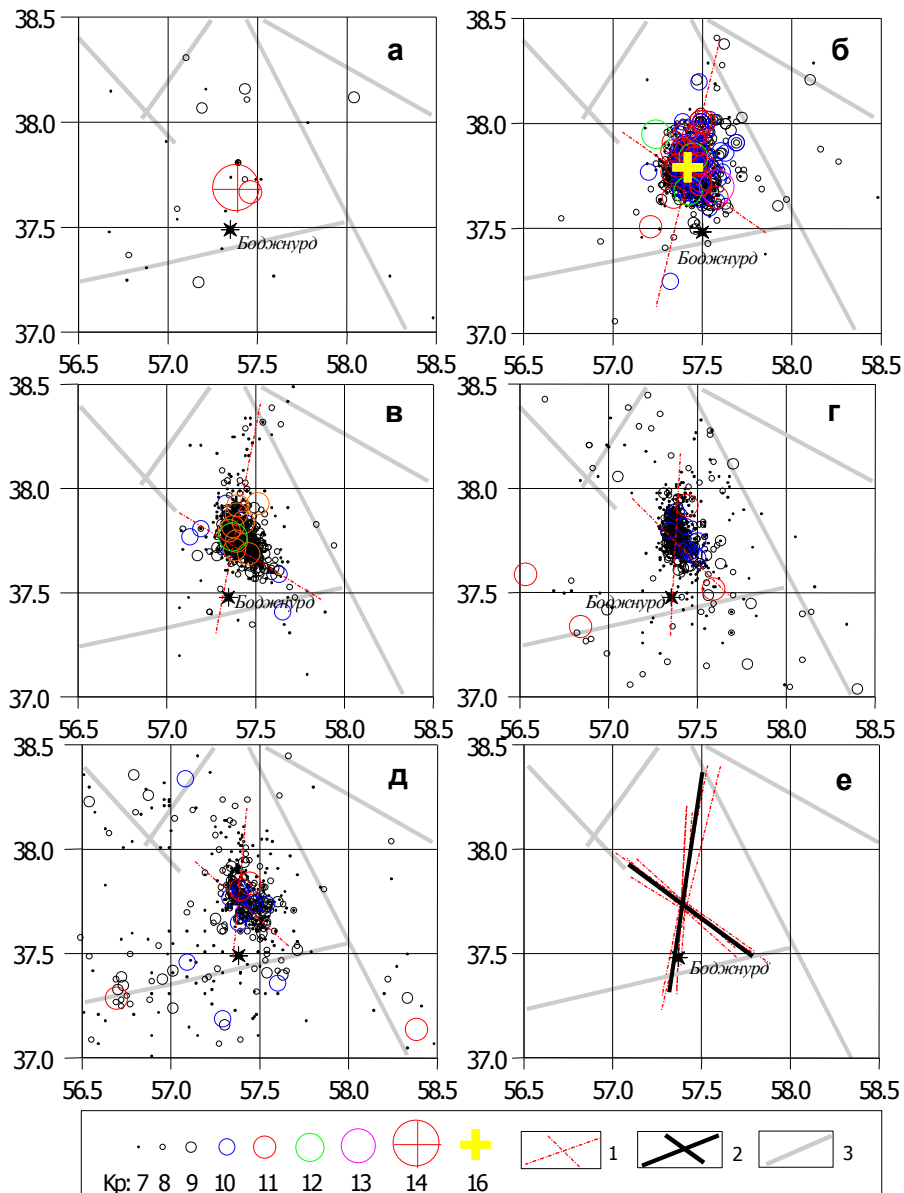


Рис. 5. Эпицентры землетрясений до Бужурского землетрясения (а) и после него за следующие интервалы: за 10 дней (04.02-13.02) (б), 28 дней (14.02-13.03) (в), 91 день (14.03-13.07) г) и до конца 1997 г. (14.07-31.12) (д).

На фрагменте (е) совмещены оси максимальной плотности афтершоков с фрагментов (б-в).
1 – ось максимальной плотности афтершоков; 2 – осреднение; 3 – глубинный разлом по [22].

Для всех вышеуказанных временных отрезков в табл. 2 даны числа землетрясений разных классов и параметры A_{10} и γ графиков повторяемости, изображенных на рис. 6.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений разных классов и параметры сейсмического режима A_{10} и γ за отдельные интервалы времени в пределах координат $\varphi=35.0-39.5^\circ\text{N}$, $\lambda=55.0-61.0^\circ\text{E}$

Периоды за 1997 г.	K _p										N _Σ	γ	A ₁₀
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
01.01. – 04.02. (до 10 ^b 37 ^m 46 ^s)	19	8	4	-	1	-	-	1	-	-	33	0.316	0.64
04.02. (10 ^b 37 ^m 46 ^s) – 13.02.	671	389	205	82	25	3	1	-	-	1	1577	0.353	87.3
14.02. – 13.03.	723	286	98	18	9	1	-	-	-	-	1135	0.501	11.2
14.03. – 13.06.	517	213	68	9	4	-	-	-	-	-	811	0.56	1.82
14.06. – 31.12.	380	162	47	12	4	-	-	-	-	-	604	0.51	0.81
Всего	2310	1058	422	121	43	4	1	1	-	1	4160		

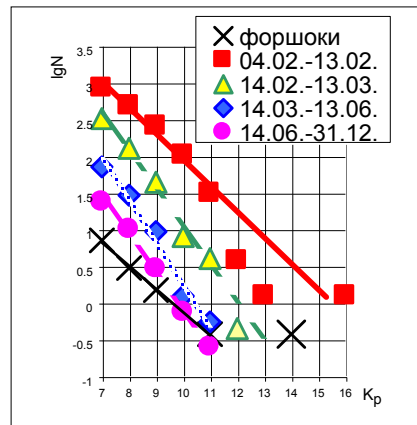


Рис. 6. Графики повторяемости землетрясений в границах: $\varphi=37.0^\circ-38.5^\circ$; $\lambda=56.5^\circ-58.5^\circ$ за периоды, указанные в табл. 4.

Из рис. 5 и табл. 2 следует, что с начала года до момента основного толчка сейсмический фон был слабый везде, кроме небольшой области повышенной плотности землетрясений в радиусе 30 км от эпицентра грядущего землетрясения. Угол наклона графика повторяемости всей предваряющей сейсмичности за 01.01-04.02.1997 г., равный $\gamma=0.32$, ниже среднего, но величина $A_{10}=0.64$ уже превысила таковую ($A_{10}\approx 0.3$) в 1995 и 1996 гг. Из сравнения графиков повторяемости по данным наблюдений в начале и конце 1997 г. (рис. 6) можно заключить об относительном превышении числа более сильных землетрясений в форшоковый период. За 10 дней после Боджнурдского землетрясения зарегистрировано максимальное число событий с $K_p=8-16$. Сейсмическая активность возросла на два порядка, но угол наклона графика повторяемости увеличился незначительно. При большом числе землетрясений с $K_p=7-11$ наблюдался явный дефицит землетрясений с $K_p=12-13$. Возможно, он связан со значительным количеством сейсмической энергии, уже выделившейся при форшоке с $K_p=13.9$ и основном толчке ($K_p=15.6$). Большинство эпицентров землетрясений этого периода сконцентрированы в радиусе 30 км вокруг эпицентра главного толчка. Облако афтершоков имеет форму "фасоли" с двумя осями максимальной плотности эпицентров – север-северо-восточной и юго-восточной ориентации (рис. 5,б). Эти оси прослеживаются с некоторыми вариациями направления и в более поздние периоды (рис. 5,в-д). Наиболее четко они выделяются в 28-дневный период (рис. 5,в), причем ось юго-восточной ориентации хорошо поддерживается положением землетрясений с $K_p=9-10$. В течение 91-дневного интервала (рис. 5,г) наблюдалось, наряду с повышенной сейсмической активностью очаговой зоны Боджнурдского землетрясения, расхождение эпицентров слабых землетрясений с $K_p=7-9$, в основном в северную и южную часть рассматриваемого района. Величина угла наклона графика повторяемости достигла максимума – $\gamma=0.56$, характеризуя усиление слабой сейсмичности. Следует подчеркнуть, что эффект монотонного увеличения угла наклона графика повторяемости в течение двух лет после сильного землетрясения уже отмечался ранее в [18] при анализе афтершокового процесса Алайского землетрясения 1978 г. с $M=6.8$. За последний интервал времени (рис. 5,д) эффект "размазывания" сейсмичности по площади еще больше заметен. Сейсмическая активность на уровне землетрясений 10-го энергетического класса понижается почти до уровня форшокового периода, однако число слабых землетрясений все еще остается повышенным, т.е. к концу 1997 г. афтершоковая деятельность Боджнурдского землетрясения еще не завершилась. На рис. 5,е совмещено положение осей максимальной плотности эпицентров.

Механизм очагов землетрясений удалось определить по данным региональной сети сейсмических станций Туркменистана лишь для четырех событий [19], изображенных на рис. 7.

Оба решения механизма очага для форшока 4 февраля в 09^{h53}^m дают плоскости разрыва северо-западной ориентации: по 1-й плоскости, имеющей промежуточный угол с горизонтом, в очаге реализовался взброс; 2-ое решение дает надвиг по плоскости разрыва с простираем ближе к субширотному, наклоненному к горизонту под пологим углом (рис. 7-1). При основном толчке предполагаемая плоскость разрыва ориентирована субмеридионально или субширотно. Тип подвижки отличается от движения в очаге вышеописанного форшока. Согласно 1-му решению по вертикальной плоскости разрыва субмеридионального простираения произошел левосторонний

сдвиг (рис. 7-2). 2-ое решение дает правосторонний сдвиг по крутой субширотной плоскости. Аналогичный механизм очага приведен в [20,21]. Для афтершока 3 марта ($13^{\text{h}}00^{\text{m}}$, $K_p=12.0$) оба решения дают плоскости разрыва субмеридионального простирания, однако, судя по 1-му решению, в очаге произошел взброс по вертикальной плоскости, а 2-ое решение дает поддвиг по близгоризонтальной плоскости (рис. 7-3). Решения механизма очага афтершока 5 марта ($13^{\text{h}}55^{\text{m}}$, $K_p=11.1$) следующие: I – сброс по вертикальной плоскости северо-западного простирания; II – надвиг по горизонтальной плоскости (рис. 7-4).

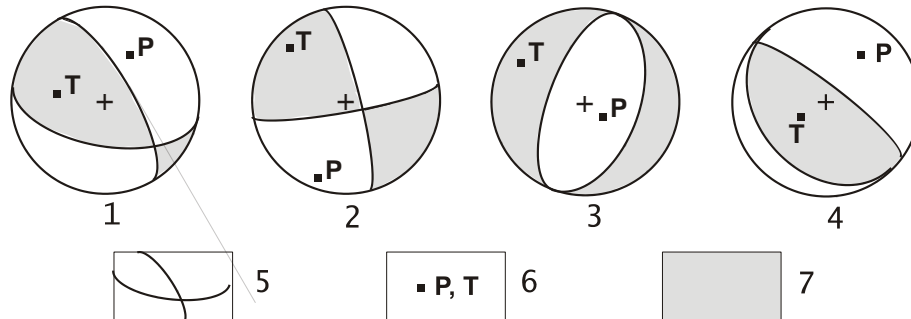


Рис. 7. Механизмы очагов Боджнурских землетрясений

1 – форшок 4 февраля в $09^{\text{h}}53^{\text{m}}$ с $K_p=13.9$; 2 – основной толчок 4 февраля в $10^{\text{h}}37^{\text{m}}$ с $K_p=15.6$; 3 – афтершок 3 марта в $13^{\text{h}}00^{\text{m}}$ с $K_p=12.1$; 4 – афтершок 5 марта в $13^{\text{h}}55^{\text{m}}$ с $K_p=11.1$; 5 – нодальные линии; 6 – оси сжатия, растяжения; 7 – область волн сжатия.

Результаты совместного анализа положения афтершоков и механизмов очагов Боджнурских землетрясений 1997 г. суммированы на рис. 8. Здесь же приведена ориентация 1-ой изосейсты основного толчка (см. ниже) и сетка существующих разломов согласно [22]. Как видно из рисунка, ни один из существующих разломов не проходит непосредственно через эпицентр Боджнурдского землетрясения. Не обнаружены такие разломы и на картах других авторов, включая карту Verberian [21], кроме разлома меридионального простирания от Боджнурда до Бахардена, который приводится в работе F.G. Clapp [23], как предполагаемый. Учитывая устойчиво прослеживающиеся на рис. 6 цепочки эпицентров землетрясений меридионального направления, можно считать, что такой разлом действительно существует и именно по нему произошла подвижка в очаге главного толчка. Не следует исключать и продолжение далее на юго-восток крупного Внутрикюпетдагского разлома, который заканчивается, согласно данным [22], в 30 км северо-западнее эпицентра основного толчка. Это предположение поддерживается положением большой оси первой изосейсты Боджнурдского землетрясения и юго-восточной ветви максимальной плотности афтершоков, ориентацией плоскостей разрывов в очаге форшока 4 февраля ($09^{\text{h}}53^{\text{m}}$) и афтершока 5 марта ($13^{\text{h}}55^{\text{m}}$), а также субширотной ориентацией другого решения механизма очага главного толчка. На основании этой группы данных можно предположить, что разрыв в очаге главного толчка произошел по плоскости северо-западного, ближе к субширотному, простирания. Таким образом, данные о положении афтершоков, 1-ой изосейсты и механизмов очагов не позволяют однозначно выделить одно направление плоскости разрыва в очаге Боджнурдского землетрясения: и северо-западное и субмеридиональное направление могут иметь место.

Направления разрывов в очаге Боджнурского землетрясения. В [24,25] указывается на сложный, сразу по нескольким плоскостям, процесс разрывообразования в очагах сильных землетрясений. На рис. 9 показаны направления разрывов фор- и афтершоков Боджнурского землетрясения, построенных с применением одной из таких методик [25]. Как видим, эпицентры двух форшоков с $K_p=13.9$ и 10.7 расположены рядом на одной субширотной линии. Основные направления разрывов в их очагах имеют азимуты 150° , 190° , 240° . Основное событие расположено между форшоками и чуть севернее и разрывы в его очаге имели те же азимуты, что, по-видимому, "смягчило" интенсивность главного толчка. В пользу этого говорит соразмерность разрывов в их очагах (табл. 3). Вычисленные довольно высокие скорости вспарывания разрывов $(0.6-0.7)v_p$ (табл. 3) свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что изучаемая очаговая зона была деформационно готова к передвижению объемов среды в виде землетрясений. Афтершоки, происшедшие в первый день после главного толчка (рассматривались лишь с $K_p>9.6$), имели разрывы не только в тех же азимутах, что и форшоки, но и в новых: 90° , 290° , 345° (табл. 3). Все

более поздние афтершоки имеют направления разрывообразований, соответствующие первым и вторым азимутам простирааний.

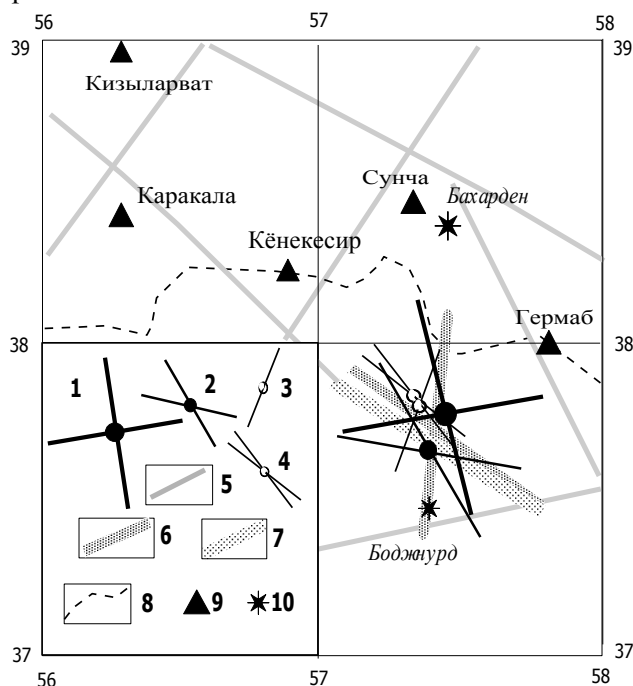


Рис. 8. Сопоставление положения в очагах Боджднурских землетрясений проекций нодальных плоскостей в очагах 4-х событий, ориентации разломов по [22], ориентации первой изосейсты и осей максимальной плотности поля афтершоков

1-4 – проекции нодальных плоскостей основного толчка 04.02 в 10^h37^m , форшока 04.02 в 09^h53^m , афтершоков 03.03 в 13^h00^m и 05.03 в 13^h55^m , соответственно; 5 – глубинный разлом; 6 – ось максимальной плотности афтершоков; 7 – ориентация большой оси первой изосейсты; 8 – государственная граница; 9 – сейсмическая станция; 10 – город.

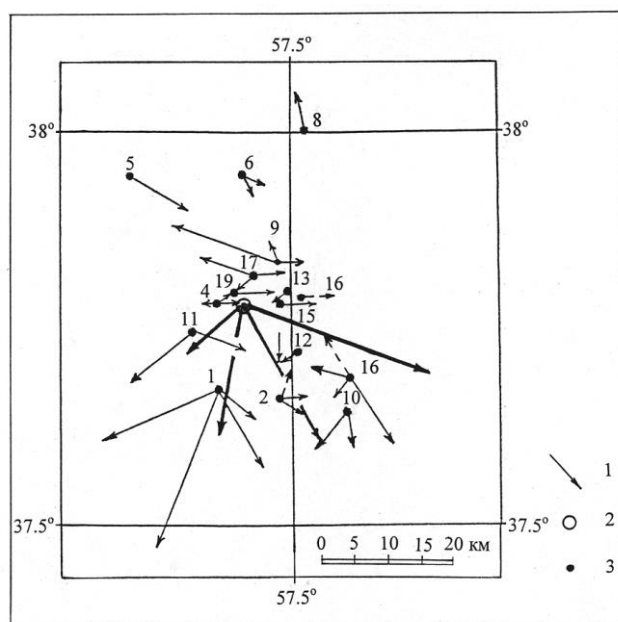


Рис. 9. Направления разрывов в очагах района Боджднурского землетрясения (длина стрелок соответствует протяженности разрыва в указанном масштабе)

1 – направление развития разрыва; 2 – эпицентр Боджднурского землетрясения; 3 – эпицентры фор- и афтершоков. Номера землетрясений на рисунке соответствуют землетрясениям, происшедшим 2 апреля в: 09^h53^m (1), 10^h09^m (2), 10^h37^m (3), 11^h13^m (4), 11^h16^m (5), 11^h41^m (6), 13^h15^m (9), 13^h19^m (10), 14^h19^m (11), 14^h46^m (12), 15^h01^m (13), 16^h42^m (15), 16^h52^m (16), 20^h48^m (17) и 2 мая в 02^h59^m (19) [4].

№	Дата, д мес г	t_b , ч мин	φ°, N	λ°, E	h, км	MLH	K_p	I_b , балл	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
59	13.07.1976	02-34	37.6	57.3	1	3.8*	11.1	5	сев. Бод.
60	14.08.1976	08-23	37.3	57.6	26	4.4*	12.0	4-5	южн. Бод.
61	14.08.1976	08-50	37.1	57.3	30	4.4*	12.0	4-5	южн. Бод.
62	10.05.1977	03-58	37.6	57.2	20	3.4*	10.6	3-4	с-з Бод.
63	16.06.1977	02-51	38.2	57.5	8	3.7*	11.0	5	Туркм.
64	25.12.1977	16-43	37.5	57.3	6	3.6*	10.9	5	Бод.
65	20.03.1978	23-25	37.3	57.5	1	3.9*	11.3	5	ю-в Бод.
66	22.09.1978	17-31	37.5	57.5	50	3.6*	10.8	2-3	вост. Бод.
67	23.01.1979	21-07	38.2	57.2	3	3.7*	11.0	5	Туркм.
68	24.02.1979	13-56	37.2	56.6	24	5.0	13.0	5-6	ю-з Бод.
69	08.03.1979	22-40	37.4	57.3	6	4.5	12.4	6-7	южн. Бод.
70	09.03.1979	18-14	37.2	57.7	50	4.4*	12.0	3-4	ю-в Бод.
71	10.05.1979	10-42	37.4	57.4		3.6*	10.9	4-5	ю-в Бод.
72	06.10.1979	11-55	38.3	57.5	15	4.9	12.6	6	Туркм.
73	26.10.1979	10-51	37.3	57.0	5	3.7*	11.0	5	ю-з Бод.
74	01.06.1980	11-09	38.3	57.6	5	3.5*	10.7	4-5	Туркм.
75	19.12.1980	05-17	38.1	57.4	6	3.6*	10.8	5-6	Туркм.
76	12.11.1981	17-36	37.6	56.7	4	3.4*	10.6	5-6	с-з Бод.
77	03.12.1981	11-02	38.1	57.7	9	3.6*	10.8	5	Туркм.
78	09.01.1982	13-20	37.6	57.8		3.7*	11.0	5	с-з Бод.
79	30.01.1982	23-47	37.4	56.8	9	3.7*	11.0	5	ю-з Бод.
80	06.03.1982	21-09	37.4	57.2	25	3.7*	11.0	3-4	южн. Бод.
81	25.07.1982	12-30	37.4	57.0	1	3.8*	11.2	5	ю-з Бод.
82	20.11.1982	20-43	37.3	57.2	10	4.1	11.7	5-6	ю-з Бод.
83	04.12.1983	21-04	37.8	57.7	8	3.7*	11.0	5	с-в Бод.
84	12.02.1984	13-38	37.4	57.4	16	3.8*	11.2	4-5	южн. Бод.
85	03.03.1984	21-27	37.4	57.5	2	4.1*	11.7	5-6	ю-в Бод.
86	16.03.1984	09-41	37.2	57.0	15	3.7*	11.0	4-5	ю-з Бод.
87	23.03.1984	20-21	37.3	57.6	13	3.8*	11.2	4-5	ю-в Бод.
88	12.08.1984	06-55	38.1	57.1	1	3.4*	10.6	5-6	с-з Бод.
89	22.05.1985	13-38	38.2	57.6	3	3.7*	11.0	5	Туркм.
90	24.09.1985	07-29	37.9	56.6	1	3.5*	10.8	4-5	с-з Бод.
91	23.11.1985	02-58	38.1	57.1		3.0*	10.0	4-5	с-з Бод.
92	01.12.1985	20-31	37.7	56.7	2	4.6*	12.3	6-7	с-з Бод.
93	10.12.1985	07-55	37.4	57.5	10	3.7*	11.0	4-5	ю-в Бод.
94	30.05.1986	08-00	37.1	57.1	20	3.6*	10.9	4	ю-з Бод.
95	13.06.1986	05-56	37.6	57.0		4.0*	11.5	5	с-з Боджнурда
96	28.08.1986	11-59	37.2	57.1	6	3.4*	10.6	4-5	ю-з Бод.
97	26.10.1986	05-45	37.4	57.6	1	3.8*	11.2	5	ю-в Бод.
98	16.12.1986	00-12	37.3	57.5	3	3.7*	11.0	4-5	ю-в Бод.
99	23.02.1987	07-01	37.8	57.3	8	3.7*	11.0	4	сев. Бод.
100	10.04.1987	06-43	37.3	57.0	1	4.7*	12.5	6-7	зап. Бод.
101	17.04.1987	07-00	37.3	57.6	10	4.5	12.0	6	ю-в Бод.
102	01.05.1987	06-03	37.3	57.6	7	3.7*	11.0	4	ю-в Бод.
103	06.05.1987	11-28	37.2	57.6	6	3.5*	10.8	4-5	ю-в Бод.
104	16.09.1987	16-05	37.3	57.1	2	4.4*	12.1	6-7	ю-з Бод.
105	17.09.1987	06-30	37.5	57.2	7	3.8*	11.1	4-5	зап. Бод.
106	13.10.1987	01-53	38.2	57.4	2	3.4*	10.6	4-5	погр. р-н
107	12.02.1988	07-59	37.9	57.2	1	3.6*	10.9	4-5	с-з Бод.
108	16.08.1988	17-58	37.6	57.5	10	3.7*	11.0	4-5	с-в Бод.
109	16.08.1988	20-23	37.6	57.5		3.6*	10.9	4	с-в Бод.
110	18.08.1988	03-29	38.3	57.5		3.4*	10.6	3-4	Туркм.
111	29.11.1988	06-32	37.3	57.9	21	4.1*	11.6	4-5	ю-в Бод.
112	06.01.1989	18-13	37.4	56.9	5	3.5*	10.8	5	ю-з Бод.
113	10.11.1989	05-42	37.6	56.7	6	3.9*	11.3	5-6	с-з Бод.
114	30.08.1990	20-58	38.1	57.1	2	3.7*	11.0	5	с-з Бод.
115	09.09.1990	10-47	37.6	57.3	4	3.5*	10.7	5	сев. Бод.
116	09.09.1990	21-03	38.2	57.1	1	3.4*	10.6	5	сев. Бод.
117	09.09.1990	23-39	38.2	57.2	10	4.2*	11.7	5-6	сев. Бод.
118	27.09.1990	06-03	37.3	57.4	1	3.9*	11.3	5-6	ю-в Бод.
119	22.02.1991	19-56	37.5	58.0	1	3.4*	10.6	5	вост. Бод.
120	01.04.1991	03-40	37.3	57.3	5	4.2*	11.7	5-6	южн. Бод.
121	03.04.1991	11-00	37.8	57.7	9	3.7*	11.0	5	погр. р-н
122	19.09.1991	20-14	37.3	57.5	2	3.4*	10.6	5	ю-в Бод.
123	17.10.1991	12-17	38.2	57.3	1	3.6*	10.8	5	сев. Бод.
124	02.06.1992	09-01	38.1	57.4	4	3.6*	10.8	5	сев. Бод.
125	23.07.1992	00-09	38.3	57.6	6	3.6*	10.9	4-5	Туркм.
126	29.07.1992	23-24	38.2	57.4	6	3.8*	11.2	5-6	Туркм.
127	09.09.1992	19-27	37.5	57.3	16	4.5*	12.1	5-6	Бод.
128	17.09.1992	02-02	37.5	57.3	6	3.5*	10.7	5	Бод.
129	06.01.1993	17-16	37.7	57.9	36	4.7*	12.5	4-5	с-в Бод.
130	07.01.1993	19-17	37.5	57.6	8	4.2*	11.7	5-6	вост. Бод.
131	18.02.1993	04-14	37.5	57.7	6	4.5*	12.2	5-6	вост. Бод.
132	30.03.1993	11-25	37.6	57.6	8	3.5*	10.7	4-5	с-в Бод.
133	01.05.1993	11-30	37.3	57.0	1	3.5*	10.8	5	ю-з Бод.
134	18.01.1994	01-18	37.6	57.3	12	3.6*	10.9	4	сев. Бод.
135	17.09.1996	03-00	37.9	56.6	11	3.5*	10.8	4	погр. р-н

Примечание. * – Форшок к 17.09.1923 г., в Боджнурде разрушено 200 домов. ** – Разрушения в Боджнурде и 8 селениях, в 22 – частично, 157 убитых. *****Гифанское**: Погибло 3250 человек; поверхностные нарушения длиной 10 км; большие разрушения в приграничных селениях Туркменистана: Гермаб, Хейрабад; повреждение домов в Ашхабаде; около 400 афтершоков.
Тип магнитуды соответствует MLH, определенным по сейсмограммам или пересчетным (M^*) из классов K_p по [28].

Главным событием в указанном районе за первый интервал времени является, несомненно, 9-бальное Гифанское землетрясение 01.05.1929 г. ($M=7.2$), повлекшее многочисленные жертвы. Оно вызвало разрушения зданий не только на территории Ирана, но и в приграничных селениях Туркменистана (в Ашхабаде – 8 баллов) [26,29-32] (рис. 10,А). Еще ранее произошли землетрясения с $M<7.0$. Так 04.02.1923 г. возникло сильное ($M=5.5$) землетрясение в 15-17 км запад-северо-западнее Боджнурда, в восточных отрогах хр. Боздаги. В Боджнурде было разрушено 200 домов. Спустя семь месяцев, 17.09.1923 г. произошло землетрясение с $M=6.4$, вызвавшее в Боджнурде и в близлежащих селениях большие разрушения, погибло более 150 человек [26]. Его эпицентр залегает в северном обрамлении хр. Аладаг (рис. 10,Б), в 40 км юго-восточнее Боджнурда. Всего в 1907-1975 гг. произошло 55 землетрясений: с $M\geq 6.0$ – 2 толчка, $M=5.1-6.0$ – 11, $M=4.1-5.0$ – 20 и с $M=3.4-4.0$ – 22. Основная часть их эпицентров лежит в радиусе 50-60 км от г. Боджнурда, в северном обрамлении хр. Аладаг.

За период с 1976 по 1996 гг. (Б) общее число зарегистрированных землетрясений 80, но все они с $M\leq 5$, а именно: с $M=5.0$ – 1 событие, $M=4.5-4.9$ – 7, $M=4.0-4.4$ – 13 и $M=3.4-3.9$ – 59. В табл. 5 приведено распределение всех событий по магнитуде. Следует отметить, что ход сейсмической активности в Боджнурском районе за последние 25 лет был неравномерным. Максимальное число землетрясений произошло в 1976 г., 1979 г. (по 7 событий) и 1987 г. (8); по 5 событий

отмечено в 1975, 1984-1986, 1988-1993 годах. Минимальное число (по 2 события) возникло в 1978, 1980, 1981 и 1989 годах. Исключительным затишьем отличились два последних года перед Боджнурдским землетрясением.

Таблица 5. Количественное распределение землетрясений Боджнурдского района по магнитудам MLH за периоды 1907-1975 и 1976-1996 гг.

Годы	Магнитуда М						N _Σ
	3.4-3.5	3.6-4.0	4.1-5.0	5.1-6.0	6.1-7.0	>7.0	
1907-1975 гг.	1	21	20	11	1	1	55
1976-1996 гг.	18	41	21	-	-	-	80
Всего	19	62	41	11	1	1	135

Схематическая карта проекций очагов 135 землетрясений из табл. 4 изображена на двух фрагментах (А,Б) рис. 10, на которых очаговая зона Боджнурдского землетрясения изображена жирным пунктиром. Весьма примечательно, что она, практически, пуста за все 90 лет. Но вокруг нее картина разная: в первом периоде очаги локализованы отдельными группами, окружая пунктирную область со всех сторон; во втором – практически все очаги локализованы в виде расплывчатого облака южнее, а севернее лишь единичные и достаточно слабые события.

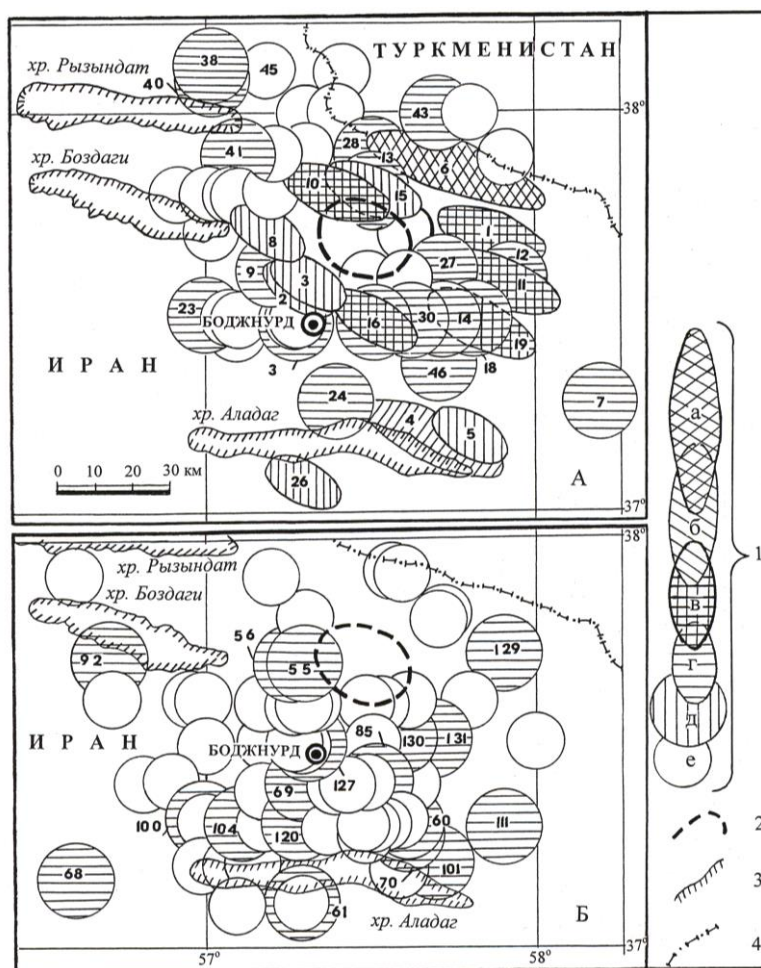


Рис. 10. Очаги землетрясений с $M \geq 3.4$ в Боджнурдском районе за 1907-1975 гг. (А) и 1976-1996 гг. (Б) (составил Г.Л. Голинский)

1 – магнитуда ≥ 7.0 (а), 6.1-7.0 (б), 5.1-6.0 (в), 4.1-5.0 (г), 3.9-4.0 (д), 3.6-3.8 (е); 2 – очаговая область Боджнурдского землетрясения; 3 – горный хребет; 4 – государственная граница. Номера землетрясений соответствуют таковым в [4].

Дополнительный анализ предваряющей сейсмичности проведен по картам сейсмической активности в единицах A_{10} за 1965-1994 гг., 1995 г., 1996 г. и 1997 г., изображенных на рис. 11. Как видно из рис. 11,а, рассматриваемый Боджнурдский район в среднем за 30 лет характеризовался высокими значениями $A_{10}=0.5-0.7$. Эпицентр Боджнурдского землетрясения расположен в зоне с

$A_{10}=0.5-0.7$, между двумя локальными максимумами сейсмической активности с $A_{10} \geq 1.0$ на севере и юге. В 1995 г. (рис. 11,б) и 1996 г. (рис. 11,в) значения A_{10} в районе будущего очага понизились до $A_{10} \approx 0.3$. В 1996 г. обращает на себя внимание окружение будущей очаговой зоны Боджнурдского землетрясения 1997 г. локальными участками высокой сейсмичности (рис. 11,в). Затишье в зоне подготовки завершилось Боджнурдским землетрясением с $MS=6.6$, после которого значения сейсмической активности в радиусе 30 км от его эпицентра повысились до $A_{10}=1.0-5.0$ (рис. 11,г).

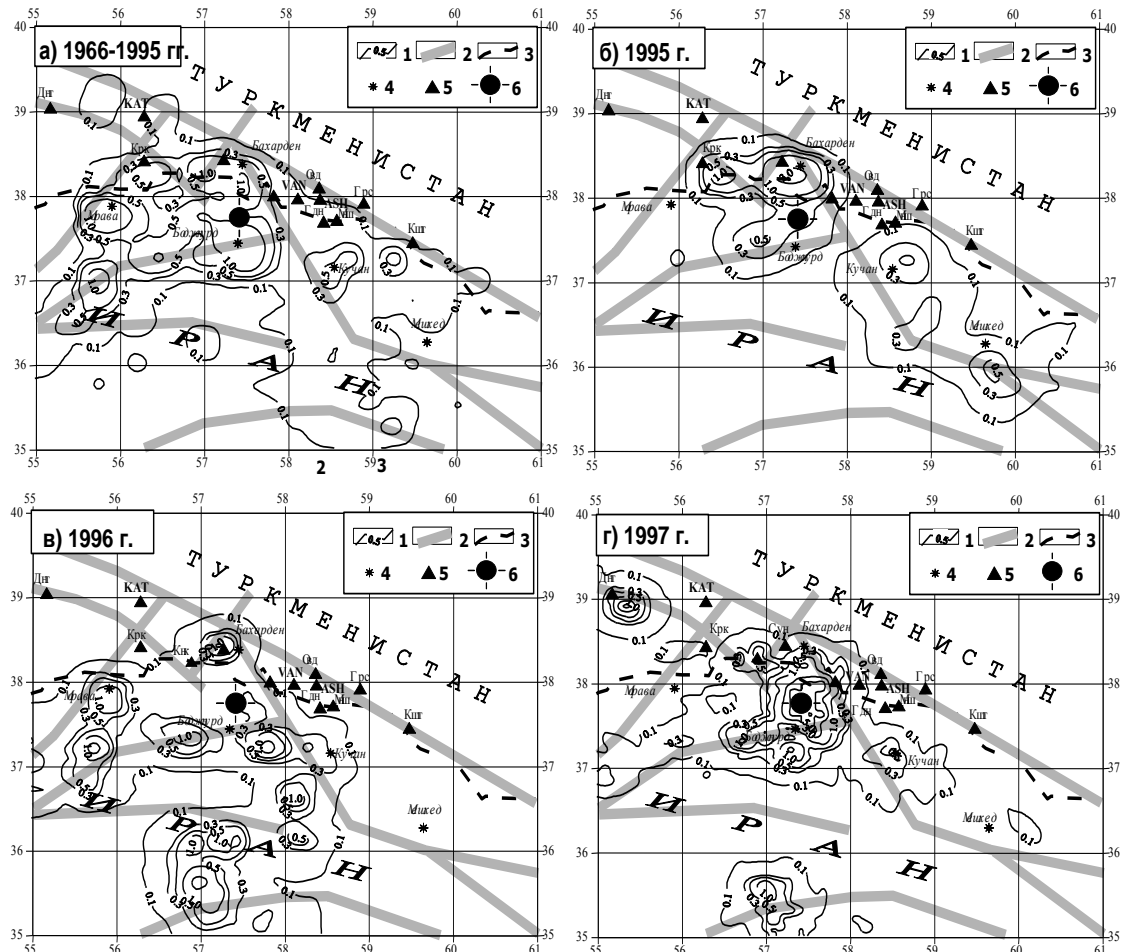


Рис. 11. Карты сейсмической активности Туркмено-Хорасанского района в единицах A_{10} , построенные методом постоянной точности ($N=3$) за: а) – 1966-1994 гг. при $K_{min}=10$, $\gamma=0.51$; б) – 1995 г. при $K_{min}=9$, $\gamma=0.46$; в) – 1996 г. при $K_{min}=9$, $\gamma=0.46$; г) – 1997 г. при $K_{min}=9$, $\gamma=0.58$.

1 – изолиния A_{10} ; 2 – глубинный разлом; 3 – государственная граница; 4 – город; 5 – сейсмическая станция; 6 – эпицентр Боджнурдского землетрясения.

В итоге отметим, что, исходя из карты изосейст, а также анализа распределения афтершоков, механизмов очагов и процесса разрывообразования, эпицентральная зона Боджнурдского землетрясения 04.02.97 г. приурочена к Внутрикопетдагскому глубинному разлому, который протягивается от Каспийского моря через Челекен, Кумдаг, Боджнурд, Кучан и далее на восток в район Мешхеда. В центральной и западной части этой очень активной сейсмогенерирующей зоны в последние годы происходили сильные землетрясения: Гифанское 1929 г. (9 баллов, $M=7.2$), Вышкинское 1978 г. (7 баллов, $MPVA=5.0$), Кумдагское 1983 г. (8 баллов, $MLH=5.6$), Бурунское 1984 г. (8 баллов, $MLH=6.0$). Тип сеймотектонической подвижки по этому разлому соответствует правому взбросо-сдвигу, однако механизмы очагов указанных землетрясений отличаются разнообразием – от правого сдвига при Кумдагском землетрясении до сброса при Бурунском [33].

Вероятно, важную роль в сложном процессе разрывообразования в очаге Боджнурдского землетрясения и распределении его афтершоков сыграло существование меридионального разлома [23], локализованного между Боджнурдом и Бахарденом, пересекающего Внутрикопетдагский разлом в месте эпицентра основного толчка. Следует также отметить, что к

концу 1997 г. афтершоковая деятельность Боджнурдского землетрясения еще не завершилась, что предопределило повышенную сейсмичность этого района в последующие годы.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность водителям автомашин К. Мередову, Б. Какабаеву, а также Д.М. Халлаевой – за помощь в подготовке компьютерной верстки статьи.

Л и т е р а т у р а

1. **Сейсмологический бюллетень за 1997 год (ежедекадный). 1997-1998.** / Отв. ред. Старовойт О.Е.: Изд-во ОМЭ ИФЗ РАН.
2. **Bulletin of the International Seismological Centre for 1997. 1999-2000.** Ньюбери: Изд-во ISC.
3. **Голинский Г.Л. 1997.** Уравнения макросейсмического поля землетрясений Туркмении // Изв. АН СССР. Сер. ФТХиГН. №1. С. 69-74.
4. **Сарыева Г.Ч., Рахимов А.Р., Голинский Г.Л. (отв. сост.), Тачов Б., Мамедязова М., Халлаева А., Коржукова Т.А., Таджиева Ш., Дурасова И., Клычева Э., Эсенова А., Петрова Н.В.** Копетдаг. См. раздел III в наст. сб. (на CD).
5. **Эгтлаат. 1997.** Иранские газеты (17-20 Бахман 1375 г. Хиджры): №20984-20986 5 февраля, №20985 6 февраля, №20986 8 февраля.
6. **Голинский Г.Л., Довлетсахатов. А. 2000.** Боджнурдское землетрясение 4 февраля 1997 г. Переводы текстов из иранских газет с фарсидского на русский язык. Ашхабад: Фонды НИИС МС и ПСМ Туркменистана.
7. **Mehdi Zare. 1997.** The recent (1997) great earthquakes in Iran; an Introduction // Eighth International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering (SDEE-97) (Volume of Extended Abstracts). Istanbul, Turkey. P. 328-329.
8. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. 1965.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: Изд-во МГК АН СССР. 11 с.
9. **Шебалин Н.В. 1968.** Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука. С. 95-111.
10. **Мильштейн Д.М., Непесов Р.Д., Рустанович Д.Н., Смирнов Л.Н. 1968.** Туркмения // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука. С. 271-285.
11. **Голинский Г.Л., Городкова Т.Н., Курбанов М.К., Лыков В.И., Одеков О.А., Рахимов А.Р. 1980.** Сейсмическое районирование территории Туркмении // Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука. С. 147-162.
12. **Гаипов Б.Н., Воронцова Э.С., Голинский Г.Л., Мурадов Ч.М., Петрова Н.В., Рахимов А.Р., Абасеев С.С. 1999.** Пояснительная записка к Национальной карте сейсмического районирования Туркменистана. Ашхабад. Фонды НИИС НК АСК КМ Туркменистана. С. 40-62.
13. **Gaýybow B.N. (baş red.) 1999.** Türkmenistanyň seýsmik sebitlere bölmegiň milli kartasy / Aşgabat: SYBI TM KY AGIH GEMK. P. 1-24.
14. **Рахимов А.Р., Славина Л.Б. 1984.** Региональный годограф Копетдагской сейсмической зоны // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. № 3. С. 31- 38.
15. **Абасеев С.С. 1991.** Решение задачи гипоцентрии с учетом горизонтальной неоднородности среды // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. № 6. С. 34-38.
16. **Utsu T., Seki A. 1954.** A relation between the area of aftershock region and energy of main shock // Zisin. V.7. №7. P. 233-240.
17. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч.** Копетдаг. См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.
18. **Михайлова Р.С. 1982.** Афтершоки Алайского землетрясения 1978 года // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1980. Душанбе: Изд-во Дониш. С. 25-45.
19. **Аннаоразова Т.А.** Копетдаг. См. раздел IV в наст. сб. (на CD).
20. **Захарова А.И., Чепкунас Л.С.** Очаговые параметры сильных землетрясений. См. раздел IV в наст. сб. (на CD).
21. **Berberian M. 1976.** Contribution to the seismotectonics of Iran // Geol. Serv. Iran, Teheran. 516 p.
22. **INTAS 94-1644.** Test Area for Seismic Hazard Assessment in the Caucasus. Final report. 1997. Фонды Ашхабад: НИИС НК АСК КМ Туркменистана.

23. **Слapp F.G. 1940.** Geology of Eastern Iran // Bull. Geol. Soc. Am. V.51. №1. P. 35-39.
24. **Грайзер В.М. 1984.** "Истинное" движение почвы в эпицентральной зоне. М.: Изд-во ИФЗ АН СССР. 198 с.
25. **Горбунова И.В., Бойчук А.Н., Доцев Н.Т., Кальметьева З.А., Капитанова Т.А., Кучай О.А., Михайлова Н.Н., Пустовитенко Б.Г., Симбирева И.Г., Товмасын А.К. 1992.** Интерпретация очаговых волн на записях землетрясений // Результаты исследований по международным геофизическим проектам. Москва-Бишкек: Изд-во ИФЗ РАН. 130 с.
26. **Голинский Г.Л. (отв. сост.), Голинский Г.Л., Кондорская Н.В., Рахимов А.Р., Рустанович Д.Н., Шебалин Н.В. (сост.) при участии Непесова Р.Д., Смирновой В.А. 1977. II в.** Западная Туркмения [2000 до н.э. – 1974 гг., $M \geq 4.5$, $I_0 \geq 6$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. С. 171-197.
27. **Землетрясения Копетдага. 1962-1996 гг.** // Землетрясения в СССР и Землетрясения Северной Евразии. М.: Наука. 1964-2002.
28. **Петрова Н.В., Рахимов А.Р. 1992.** Соотношения между магнитудными шкалами и энергетическими характеристиками землетрясений Копетдагского региона // Известия АН ТССР. Сер. ФТХиГН. № 5. С. 61-66.
29. **Горшков Г.П. 1947.** Землетрясения Туркмении. Труды СИ АН СССР. №122. М.-Л.: Наука. 63 с.
30. **Голинский Г.Л., Непесов Р.Д., Рустанович Д.Н. 1964.** Сейсмичность Туркменской ССР по макросейсмическим данным // Вопросы региональной сейсмичности Ср. Азии. Фрунзе: Изд-во АН Кирг. ССР. 110 с.
31. **Голинский Г.Л., Непесов Р.Д. 1968.** Характеристика сейсмичности Туркменской ССР и сопредельных районов Ирана по макросейсмическим материалам // Сейсмичность Туркмении. Ашхабад: Изд-во Ылым. С. 57-151.
32. **Рустанович Д.Н. 1967.** Сейсмичность территории Туркменской ССР и Ашхабадское землетрясение 1948 г. // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 12. М.: Наука. 95 с.
33. **Аннаорова Т.А., Изюмов С.Ф., Кузьмин Ю.О., Петрова Н.В. 1989.** Изучение очаговых зон сильных землетрясений Западной Туркмении // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. №1. С. 72-78.

Приложение

Макросейсмические данные о Боджнурдском землетрясении 4 февраля 1997 г. в $10^h 37^m$ с $K_p=15.6$, $MS=6.6$

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
<u>8 баллов</u>			24	Севальды*	30	51	Мулла-Али-Бала*	48	<u>5-6 баллов</u>		
1	Нова*	6	25	Тафгезен*	32	52	Кульджик*	48	81	Чекмакли*	56
2	Токур*	9	26	Зайдер*	33	53	Агмезар*	49	82	Путь Ленинизма	58
3	Сторюк*	10	27	Дербенд*	33	54	Голяман*	50	83	Хесар-1*	58
4	Нова-Даввом*	10	28	Мохаммедабад*	35	55	Проходное	50	84	Осты*	60
5	Каледжик*	12	29	Чуканлу*	35	56	Доаб*	50	85	Иредж*	62
6	Келеджай*	13	30	Кейкики*	37	57	Чурма*	50	86	Нижн. Зиновьевка	62
<u>7-8 баллов</u>			31	Раз*	43	58	Хосейнабад*	50	87	Соржале*	62
7	Куридербенд*	13	<u>6 баллов</u>			59	Ширван*	52	88	Горджав	65
8	Абдолахабад*	13	32	Боджнурд*	25	60	Шахабад*	53	89	Альбег	65
9	Дангель*	15	33	Рабат*	32	61	Гунек*	53	90	Серчешме*	66
10	Катльш*	20	34	Ноудех*	35	62	Тенгторкмен*	55	91	Казоги*	66
11	Эржаве*	25	35	Бедранлу*	36	63	Дашлькала*	55	92	Эсферайен*	66
<u>7 баллов</u>			36	Тапа*	38	64	Сарьмсакли	55	93	Тебер*	66
12	Селеджик*	17	37	Кейкаклу*	38	65	Неманлу*	55	94	Бами*	67
13	Казькала*	22	38	Пишкала*	40	66	Хасанкала*	58	95	Кушки-Паин*	67
14	Пирбез*	25	39	Эсфидан*	40	67	Баган*	58	96	Бульгане*	68
15	Минзау*	27	40	Туде*	40	68	Чули	58	97	Денг*	68
16	Яланчи*	28	41	Солокли	42	69	Фирюза	60	98	Джоужехан*	70
17	Гукур*	28	42	Куркулаб	43	70	Херки*	60	99	Бек-Пулад*	70
18	Пиризгербели*	30	43	Гермаб	43	71	Калайе-Бен*	60	100	Харва-1*	70
<u>6-7 баллов</u>			44	Зиарет*	43	72	Аллахабаде-Кохне*	60	101	Келли*	72
19	Хельвачешме*	23	45	Тазекала*	45	73	Сулюксу*	62	102	Джаузек*	74
20	Гифан (Кейфан)*	25	46	Серани*	45	74	Ростаган*	63	103	Тушур*	75
21	Калйе-Мохаммеди*	27	47	Зеваром*	45	75	Баглык*	63	104	Кёнекесир	75
22	Кухкемер*	28	48	Хасансу*	47	76	Хегеле-Коз*	65	105	Гёз*	75
23	Сисаб*	29	49	Раин*	48	77	Тогарав	65	106	Невтонский	75
			50	Чаек	48	78	Уванлу*	65	107	Хартул*	76
						79	Дайна	69	108	Каранкы	76
						80	Огаз-Кохне*	70			

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
109	Новихе*	77	186	Дахне-Уджак*	88	264	Акарчага	118	341	Мераветеппе*	140
110	Куране*	77	187	Ата-Курт*	89	265	Кейиктадана	120	342	Сагиби*	140
111	Харва-2*	77	188	Дагиан*	90	266	Геркез	121	343	Мешкан*	141
112	Гезнезер*	78	189	Гязмаб*	90	267	Арапжик	121	344	Чукур	141
113	Дештек-Бала*	78	190	Гями	90	268	Ж/д раз. №103	122	345	Элайе-Кур*	142
114	Кариз*	78	191	Кёнегоммез	90	269	Шихванлу*	122	346	Джеджирс	143
115	Бердер*	78	192	Корки*	92	270	Алиабад*	122	347	Шоглабад*	143
116	Ыпайкала	79	193	Кызыл*	92	271	Эккеченар*	123	348	Джилке-Суран*	144
117	Яблоновский	80	194	Ж/д раз. №100	92	272	Чишнабад*	123	349	Кернаве*	144
118	Куртусу	80	195	Им. Оразова	92	273	Бурсалан*	123	350	Кодж	147
119	Фарудж*	82	196	Эстерабад*	92	274	Маяб*	124	351	Чехаргушли*	147
120	Хабушан*	82	197	Чехарчубе*	92	275	Яшлык	125	352	Баргши*	147
121	Чери*	83	198	Сюнче	93	276	Динглик	126	353	Гермаб*	147
122	Ям*	83	199	Дуюлен*	93	277	Хаджиабад*	127	354	Сарыкамьш*	149
123	Доидух*	83	200	Дузльдепе	93	278	Джафарабат*	128	355	Мучнан*	149
124	Ходжа	83	201	Шейх*	93	279	Кулангырлан	128	356	Ходжагала	150
125	Гаудан	83	202	Харг*	93	280	Гэверс	128	357	Хаджигельды*	152
126	Кызылкала-Худжи*	85	203	Комаровский	95	281	Джапар-Кули*	128	358	Терсакан	155
127	Туплы*	85	204	Калининский	95	282	Джюльфан*	129	359	Конан*	155
128	Баджиган*	85	205	Аннау	95	283	Дизалыз*	130	360	Беменгане-Паин*	158
129	Шихканлу*	85	206	Агаберды*	95	284	Хезрете-Сольтан*	130	361	Рушхей*	159
130	Титканлы*	85	207	Келатейе-Санджар*	95	285	Им. Куйбышева	130	362	Дюльмей*	159
131	Шемхаль*	87	208	Багабад	96	286	Дугаби*	131	363	Доаби*	160
132	Дашарасы*	87	209	Нохур	96	287	Алейк*	132	364	Хакимабад*	162
133	Джеузан*	88	210	Куруждей	96	288	Кау*	132	365	Абык	164
134	Джафарабат-Кутис*	88	211	Кастап*	96	289	Кара-Кала	132	366	Гури-Радкан*	165
135	Дербадам*	89	212	Шурек*	97	290	Дербенде-Бала*	133	367	Радкан*	168
136	Шахрег*	90	213	Калайе-Сефид*	97	291	Эззетабад*	133	368	Доулеабад*	168
137	Кухкале*	92	214	Екары-Айidere	97	292	Нохендан*	135	369	Кюренкала	168
138	Имамкули*	97	215	Керти*	98	293	Гысы	135	370	Шемехан*	171
139	Кухпалохуалбер*	100	216	Дусте*	98	294	Тёбберик*	136	371	Казган	171
	<u>5 баллов</u>		217	Артыкходжа	98	295	Кызылымам	136	372	Хатумкале*	172
140	Геок-Тепе	62	218	Кухане-Кохне*	100	296	Качанлу*	137	373	Тирган*	173
141	Хесар-2*	64	219	Маньш	100	297	Сеидабад*	138	374	Мехени	173
142	Чехарбордж*	67	220	Куп*	100	298	Кызыл	138	375	Польгерд*	177
143	Хермантгёдже	68	221	Айidere	100	299	Ядек*	139	376	Каушут	180
144	Ж/д раз. №96	68	222	Дурдыхан	100	300	Курыкак	139		<u>4 балла</u>	
145	Туй*	68	223	Карпишли*	100	301	Дехеште-Бала*	140	377	Джаварган*	128
146	Яраджи	70	224	Аяли*	100	302	Гольджок*	140	378	К. Кошак	129
147	Акдепе	70	225	Аменг*	100	303	Аббаскале*	142	379	Бергемел*	133
148	Пангыш	70	226	Амирабад*	100	304	Эмарег*	145	380	Зеркан*	133
149	Им. Байрамдурдыева	70	227	Арчман	100	305	Чапешли*	146	381	Шефиабад*	133
150	Зургабад*	72	228	Зейданлу*	102	306	Дерегез*	148	382	Илек	137
151	Бабаараб	72	229	Хороу*	102	307	Хесер-3*	150	383	Гутльдак	139
152	Ж/д ст. Келята	72	230	Дараб*	102	308	Кызылык*	150	384	Сарави*	140
153	Янбаш	73	231	Келайе-Шахверды*	103	309	Хасанабад*	153	385	Шемабад*	142
154	Безмеин	74	232	Узынтокай	103		<u>4-5 баллов</u>		386	Хегольхадже*	143
155	Ж/д раз. №97	75	233	Тутлыкала	103	310	Зурабад*	106	387	Бейдаг*	144
156	Город Безмеин	76	234	Хесарче*	104	311	Джовейн*	106	388	Бизе*	145
157	Ахал	76	235	Курыховдан	104	312	Мелайгерд*	108	389	Кябара*	145
158	Бикрава	77	236	Казма*	105	313	Рахчеман*	109	390	Келатейе-Огаф*	146
159	Караган	77	237	Келате-2*	105	314	Ж/д ст. Джовейн*	113	391	Форумел*	146
160	Тюменшагал	77	238	Дёрталжи	105	315	Негаб*	114	392	Ж/д ст. Джалджерм*	147
161	Ясмансалык	78	239	Сога*	105	316	Ж/д. Разьезд*	115	393	Керраб*	148
162	Корф*	78	240	Ж/д ст. Арчман	105	317	Сеидабад*	115	394	Бахардок	148
163	Келатейе-Бозорг*	78	241	Мангли-Бала*	105	318	Хаджиюлен	119	395	Сольтанабад*	152
164	Валиабад*	78	242	Шемли	107	319	Болагабад*	122	396	К. Нияздепе	152
165	Изганг	80	243	Оналды	107	320	Джагатай*	122	397	Тенгерс*	152
166	Дурун	80	244	Карадамак	108	321	Азадвер*	122	398	Араб*	152
167	Хедшечеклер*	80	245	Кызылгёз	108	322	Келате-1*	122	399	Сенге-Сефад	153
168	Кеши	81	246	Дешт	108	323	Мергзар*	122	400	Ж/д ст. Кодж	153
169	Земанабад*	82	247	Рабате-Карабиш*	108	324	Армудлу*	122	401	Керимишан*	154
170	Курпан*	82	248	Белегли*	108	325	Дастуран*	123	402	Эстербел*	155
171	Кохрамабад*	82	249	Эгреккая*	110	326	Дехенека*	124	403	Дестшах*	157
172	Им. Кулиева	82	250	Алиабад-Ага-Зале*	110	327	Джаджерм*	125	404	Судоглан*	158
173	Бахарден	83	251	Сайван	112	328	Чешме-Ханс*	126	405	Даверзен*	158
174	Таверьян*	84	252	Сахра	112	329	Джезендер*	127	406	Ясаглык*	158
175	Калегай*	84	253	Мазердж*	112	330	Керимабад*	128	407	Севарден*	158
176	Сенхаст*	85	254	Кучан*	113	331	Ям*	130	408	Теджели*	159
177	Ашхабад	85	255	Махтумкала	113	332	Хошаб*	130	409	Уржалс*	159
178	Мурче	85	256	Сафиабад*	114	333	Герме*	130	410	Чемели	159
179	Зерд*	85	257	Ж/д ст. Гяурс	114	334	Бами	130	411	Рабате-Шах-Аббасг*	160
180	Каравул	87	258	Санге-Сурах*	114	335	Янбулак*	131	412	Актеге*	160
181	Чехильдохтеран*	88	259	Сога* (Аэропорт)	115	336	Люиндур*	132	413	Баджер*	160
182	Гумга-Исхак*	88	260	Кесик*	116	337	Сефиддарлу*	133	414	Эндераб*	160
183	Касым-Хан*	88	261	Шовей*	116	338	Дешт*	136	415	Гоуде-Асия*	160
184	Абри-Тапе*	88	262	Бёрме	118	339	Карагель*	138	416	Ривенд*	162
185	Ези*	88	263	Гувендер*	118	340	Совма	139	417	Кушбаг*	162

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
418	Севиз*	164	496	Харчинган	197	574	Акаланг	258	650	Сиахсер*	256
419	Эбришеми*	165	497	Кызылбак (ферма)	198	575	Караконгур	258	651	Бестам*	257
420	Нердин*	165	498	Фарсиан-2*	198	576	Аквекиль	260	652	Ишектепе*	257
421	Пон-Дул-Дул*	165	499	Кафки*	198	577	Кырыз	264	653	Элистан*	257
422	Халджибек*	165	500	Карабогаз	199	578	Магаллак	264	654	К. Давлетяр	257
423	Пурнуар	165	501	Ж/д раз. №80	200	579	Комсомол	264	655	Шоршор*	258
424	Себзевар*	165	502	Чат	200	580	Рониамаша	265	656	Каратикен*	258
425	Зерки*	165	503	Хесар*	200		3-4 балла		657	Зердабие*	258
426	Шураб*	165	504	Акбент*	201	581	Джилан*	208	658	Дянсета	258
427	К. Караджи	166	505	Актабай*	202	582	Ж/д ст. Джилан*	210	659	К. Каракулькак	258
428	Джеханабад*	166	506	Синей*	202	583	Дестджерд*	212	660	К. Ортакак	260
429	Горуна*	167	507	Кульмач	203	584	К.Кашкык-Кызылжар	212	661	Шерифабд*	260
430	Ж/д раз. №108	167	508	Нишатур*	203	585	Эшкабад*	213	662	Шаумян	260
431	Шейх*	168	509	Дуле*	203	586	Меямей*	215	663	Эмирабад*	263
432	Керенкефгер*	168	510	Фелише*	204	587	Доздек*	216	664	Дезедж*	263
433	Олжармонья Ферма	169	511	Сусра*	204	588	Вейру*	216	665	Имамшехр*	263
434	Мездене-Бозорг*	170	512	Чурчури	204	589	Рамиан*	219	666	Карадегиш	263
435	Гечису*	170	513	Хоркей*	205	590	Атабег	219	667	Хенделабад*	264
436	Хусейнабад*	170	514	Гунабад*	205	591	К. Кошатакыр	220	668	Тегиабад*	264
437	Келатгейе-Мезинаг*	170	515	Быкык	205	592	Рухабад*	220	669	К. Тамыклы	264
438	Кызылбаир (Шарлюк)	171	516	Дингли	206	593	Тахерабад*	223	670	К. Аязчырла	265
439	Денгли	171	517	Ербент	206	594	Келатгейе-Хидж*	223	671	Некармен*	265
440	Казы	172	518	Искандер	206	595	Татар-Олия*	223	672	Караджабатыр	265
441	Солеймани*	172	519	Рудбар*	208	596	Ширин-Чешме*	225	673	Теджен	270
442	Багерабад*	173	520	Марешк*	208	597	К. Инерюздюрен	225	674	Карыада	271
443	Фарсиан-1*	173	521	Бужан*	208	598	Кадемгах*	227	675	Тенгельтур*	271
444	К. Аткак	173	522	К. Кызылджакала	209	599	К. Тогалак	228	676	Чиллер	272
445	Чешем*	174	523	Гираб*	209	600	К. Сингрели	228	677	Ахча-Куйма	273
446	Коджамар*	175	524	Кальши*	209	601	Карагалы*	229	678	Бабадайхан-2	273
447	Коренд*	175	525	К. Кирпили	210	602	К. Дюесычан	230	679	Сердженгель*	273
448	К. Каррычирла	175	526	К. Медар	210	603	Яглыюлум	230	680	Шахман	274
449	Хашемабад*	175	527	Гомбеде-Кабус*	210	604	К. Харджувал	233	681	Каракаль	275
450	Газыкылы	175	528	Армат-Сагат	211	605	Биарджоменд*	235	682	Им. Атабаева	276
451	Темир*	175	529	Зимник	212	606	К. Кызылжар	235	683	Чехчеке*	276
452	К. Шырлама	175	530	Черкзели	213	607	К. Чагели	235	684	Орунчага	278
453	Пургуидан*	176	531	Ж/д раз. №112	213	608	Эрмиан*	236	685	Сурук*	278
454	Караул*	177	532	К. Марылы	213	609	К. Курруклы	237	686	Ясхан	279
455	Берзу*	177	533	Текенджик	213	610	Эбр*	237	687	Нов. Мяне	280
456	Кызыларват	177	534	К. Катъой	213	611	Кугморад*	237	688	Бамчинар*	281
457	Джанахыр	178	535	Шахлесенд*	214	612	Кызыл-Атрек	237	689	Тегиабад*	282
458	Абасабад*	178	536	Буджмиран*	216	613	К. Тамдырлы	238	690	Бугдайлы	284
459	Пишкемер*	179	537	Шандиз*	216	614	К. Йылгынылы	238	691	Акджадепе	286
460	Айдарвиш*	180	538	Ок	217	615	Сенгловин*	238	692	Меямей*	286
461	Каракуль (ферма)	181	539	Бердех*	220	616	Кучек-Бала*	238	693	Элемту*	287
462	К. Кырккуи	181	540	Годжван*	220	617	Эймир*	238	694	Шадиче*	288
463	Ангешин*	183	541	К. Караджаулак	222	618	К. Ишим	239	695	Аллангиртли	288
464	Даим*	183	542	Карамахер*	224	619	Ширинабад*	239	696	Брекет (Тедженкк рн)	290
465	Шувези*	183	543	Келетчан	225	620	Биби-Ширван*	239	697	Геок-Сюр	291
466	К. Тююндере	183	544	Кердь*	226	621	50 лет ТССР	239	698	Чаача	292
467	Тутлы	184	545	Бекибент	227	622	Бери	240	699	Балыкчы	294
468	Абкуй*	184	546	Куюлер	227	623	Ж/д ст. Бестам*	243	700	Куйджик	297
469	Фезлябад*	185	547	Торкебе*	229	624	Каленоурхаркан*	243	701	Джумакель	297
470	Рябад*	185	548	Узун-Су	229	625	Бадракмола*	243	702	К. Кызпара	298
471	Им. Тахирова	185	549	Калезоу*	230	626	Инчебурун*	243	703	Айнакакы	298
472	Йылыджа	185	550	Эмеркан*	232	627	Газанджык	243	704	Чахак*	298
473	Шоркяриз	185	551	Дюзолум*	233	628	К. Джангутаран	243	705	Айдин	299
474	Калейе-Ноу-Рудаб*	186	552	Душак	233	629	Махун*	243	706	Ахмедсерь*	300
475	Кухан*	186	553	Алтыран	233	630	Алиабад*	244	707	Меледже	300
476	Биокриолен	186	554	Агач-Арбат	236	631	Кехедже-Паин*	245	708	Сарыходжа	300
477	Каллахар*	187	555	Шурджа	236	632	Охитепе*	245	709	Акентгам*	302
478	Ченаран*	187	556	Им. Кербабаева	238	633	Гудриолум	245	710	Ганналы	303
479	Чешмейе-Авеш*	188	557	Токлыой	240	634	Мешхед*	246	711	Учгун	304
480	Дехе-Неби*	188	558	Заве*	242	635	Шах-Муса*	247	712	Гумдаг	305
481	Хакестер*	188	559	Гуджти-Бала*	243	636	Эудек*	249	713	Готерандаг	305
482	Калексафе*	188	560	Мадау	244	637	Мохаммед-Кетуль*	249	714	Мезенган*	305
483	Хивабад	190	561	Хаджибулан	246	638	Обой	249	715	Коммунизм-ёлы	305
484	Алиабад*	190	562	Ковкизеренг	247	639	К. Шабарды	250	716	Джу-Джу-Клу	313
485	Ребаг*	190	563	Акалтын	248	640	Тенгли*	250	717	Елилой	314
486	Арамнеру*	190	564	Им. Чапаева	250	641	Капланглы	250	718	Шохрат	316
487	Минудешт*	192	565	Гетин	252	642	К. Катлаклы Новый	251	719	Кельховуз	317
488	Кааха	193	566	Хорджагаз	252	643	Джорги*	252	720	Чахсебз*	317
489	Мамон*	193	567	Бирлешик	253	644	Тавир*	253	721	Лалезар	318
490	Карагли (Карагач)	193	568	Эркечли	253	645	Гезекуй	253	722	Парахатчилык	318
491	Нарли*	193	569	Тезеоба	254	646	К. Едикховуз	253	723	Шурлук*	318
492	Хасанага*	195	570	Мамур	257	647	Нерсу*	255	724	Моздуран*	320
493	Игдалик*	195	571	Махмал	258	648	К. Ийримбешинджи	255	725	Куланлы	322
494	Мальши*	195	572	Каравекиль	258	649	Фазельабад*	256	726	Маллакер	324
495	Пароу	195	573	Бабадайхан-1	258				727	Чакедар*	325

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
728	Бегбегу*	328	798	Камышджа	310	869	Дёвлетабат-2	377	939	Парикун*	408
729	Ханпиран*	328	799	Пеиджелейкер*	310	870	Полехатум	378	940	Верекун*	408
730	Ата	333	800	Чекишляр	313	871	Оразкули	378	941	Огурджалы	413
731	Гомбедли*	333	801	Корджуи*	313	872	Чарлакьяб	381	942	К. Каррышан	415
732	Педеха*	337	802	Корней-Бендер Шах*	313	873	С. Туркменбаши	384	943	Каргель	418
733	Хауз-Хан	338	803	Ж/д раз. №121	314	874	Котурдепе	385	944	Дехмиан*	420
734	Язтене*	338	804	К. Дамдам	315	875	Ж/д раз. №126	386	945	Азизбеково	420
735	Алам	340	805	Аулбазар	315	876	Мары	386	946	Ферма Балкудук-1	420
736	Кендекли*	340	806	Ферма Декин-Елы	316	877	Гермабе-Бала*	393	947	Челекен	423
	3 балла		807	К. Клычтаклы	316	878	Сухты	393	948	Северный Аул	425
737	К. Игде	257	808	Бендер-Торкмен*	316	879	Им. Молланепеса	393	949	Аджыкыр	425
738	Гоузен*	263	809	Аджыкуи	317	880	К. Ярыз	395	950	Поле-Сефид*	425
739	К. Балкуи	265	810	Хаджиабат*	317	881	Алтыятан	395	951	Шахи*	428
740	40 лет ТССР	265	811	Зердеван*	320	882	Мургаб	395	952	К. Эшеккарко	428
741	Акдеш*	265	812	К. Дазкуи	320	883	Джумаджик	398	953	Языгышем	429
742	Карачурба	266	813	Окарем	320	884	Каралепе	403	954	Соржела*	430
743	Мирза-Али*	266	814	Дамган*	323	885	Ховесли	403	955	Ширгах*	431
744	К. Елчелги	268	815	Балла-Ишем	323	886	К. Сакьртгалы	403	956	Ягты	435
745	Мелокоч	269	816	К. Едисойри	324	887	Тезекуи	408	957	Хасан	439
746	Сурхан-Кола*	270	817	Раджан*	324	888	Зюльфикар	413	958	Захмет	441
747	Атакуи	272	818	К. Бешкак	325	889	Акарчешме	413	959	Янгаджа	441
748	Кейкяктак	273	819	Балаишем	325	890	Байрамалы	414	960	Сюйли	441
749	Бюкри	276	820	Сорхгерье*	327	891	Моматай	417	961	Тезедайхан	446
750	Ташине*	276	821	Келате*	330	892	К. Карабай	417	962	Кизыл-Су	450
751	Кошара	277	822	Мансуркух*	330	893	К. Хангельды	422	963	Берикалп	450
752	Аккале*	277	823	Кардышлы	330	894	Чакнакдысонга	424	964	Имам-Баба	453
753	Дашлы	277	824	Коймат	335	895	Туркмен-Кала	430	965	Красное Знамя	454
754	Бургулли	278	825	Небитдаг	337	896	Ёлотен	433	966	Им. Ниязова	455
755	Чалюнок	278	826	Сордех*	338	897	Акрабат	450	967	Акдаш	455
756	Тезие*	278	827	Гекдере	338		2-3 балла		968	Оразбаба	456
757	Кукуртли	282	828	Ферма Алтыкуйрук	338	898	Бендер-Гяз*	326	969	Уфра	457
758	Бургун	282	829	Кюлли	338	899	К. Яраджыкуи	333	970	Курьгёкдже	458
759	К. Балейшем	283	830	К. Молаутлы	338	900	Мианкале*	333	971	Равнина	458
760	Салехабад*	284	831	Дорт-Кулю	339	901	Гелугах*	338	972	Гюша	463
761	Кернеджик*	285	832	Поселок Газовиков	340	902	К. Огузкулач	340	973	Город Туркменбаши	467
762	Горган*	285	833	Хаджиабатрезве*	340	903	Бадабсер*	342	974	К. Гузыбай	468
763	Ямпи*	285	834	Худайберды	342	904	К. Шархы	343	975	Уч-Аджи	469
764	Зиарет*	287	835	Им. 26 Бакинских	343	905	Гернам*	346	976	Сандыкachi	469
765	Дарваза	288		Комиссаров		906	Тазебад*	354	977	Сюльмен	470
766	Алтынтюкмак*	289	836	Ж/д раз. №123	345	907	Калесер*	355	978	Казахул	472
767	Хашемабад*	290	837	Чалейе-Зерд*	348	908	Сердех*	359	979	Холбук	480
768	Сёзенли	290	838	Молла-Алиреза*	348	909	Караойман	361	980	Тезекуи	482
769	Порсы	294	839	Эмирабад*	349	910	К. Эгрияй	362	981	Нефес	482
770	Каллепост*	294	840	Падалы*	350	911	Каркем*	362	982	Дарта	483
771	Карги*	295	841	Серахс*	351	912	К. Кетдеховадан	363	983	Коюнлы	485
772	Бенавер*	295	842	Учгёз	352	913	Келамдех*	363	984	Ташкепри	486
773	Каледжик-Бала*	295	843	Малый-Хауз-Хан	353	914	Бехшехр*	363	985	Ислимчешме	490
774	К. Алкуи	297	844	Огланлы	353	915	Кечебмехелле*	364	986	Тахта-Базар	498
775	Аджияб	298	845	Дашарбат	353	916	Кизыл-Кая	365	987	Куули-Маяк	500
776	Паин*	298	846	Джебел	353	917	Велуйе-Паин*	368	988	Чеменибит	502
777	Ханкуй	298	847	Черкезкель	354	918	Дешт-Кух*	370	989	Кызылджакуи	503
778	Шахкухе-Паин*	298	848	Серахс	355	919	К. Маябазлан	370	990	Кала-и-Мор	505
779	Хаджелер*	299	849	Дёвлетабат*	356	920	К. Кемал	370	991	Победа	508
780	Тезре*	300	850	Моллакара	357	921	Загмерз*	378	992	Гушты	510
781	Неимабад*	300	851	Дёвлетабат-1	358	922	Чельмерди*	379	993	Поселок Рыбаков	510
782	Акмолла	300	852	Ашхабад(Серахсрайон)	358	923	Этреб*	380	994	Дашкудук	512
783	Бёвридешик	300	853	Огланлюба	360	924	Киясер*	381	995	Карши	521
784	Дамла	300	854	Дюзмерген	360	925	Чагыл	385	996	Чайнахаш	526
785	Джеханкема*	302	855	Советьяб	361	926	К. Шоркудук	388			
786	К. Бадакуи	302	856	Шатлык	363	927	Негибдех*	388			
787	Салах*	302	857	Ноурузабат*	364	928	К. Екекудук	390			
788	Мурзечирла	303	858	Ленин-ёлы	364	929	Рудбар*	390			
789	Алтыкуи	303	859	К. Кумели	364	930	Тюрдже	393			
790	Каралепе	303	860	Ж/д раз. №124	365	931	Хелес	397			
791	Мехтепкелате*	304	861	Небитдагнефть	366	932	Белек	398			
792	Дувунчи	305	862	Сенгер*	368	933	Тювер	400			
793	Гасан-Кули	307	863	Новрузабат	368	934	К. Дюекуй	400			
794	Гюмошан*	307	864	Сакар-Чага	368	935	Шерепли	404			
795	Хадже-Нефес*	307	865	Кельмайрык	370	936	Такирбай	405			
796	Бертеджан*	307	866	Ширтепе*	373	937	Кошоба	406			
797	Телу*	310	867	Ягман	374	938	Сари*	407			
			868	Ширдепе	376						

Примечание. Знаком * отмечено селение, расположенное в Иране.

Сокращенные обозначения: ж/д ст. – станция железной дороги; ж/д раз. – железнодорожный разъезд; К. – колодец; Им. – имени; р-н – район.