

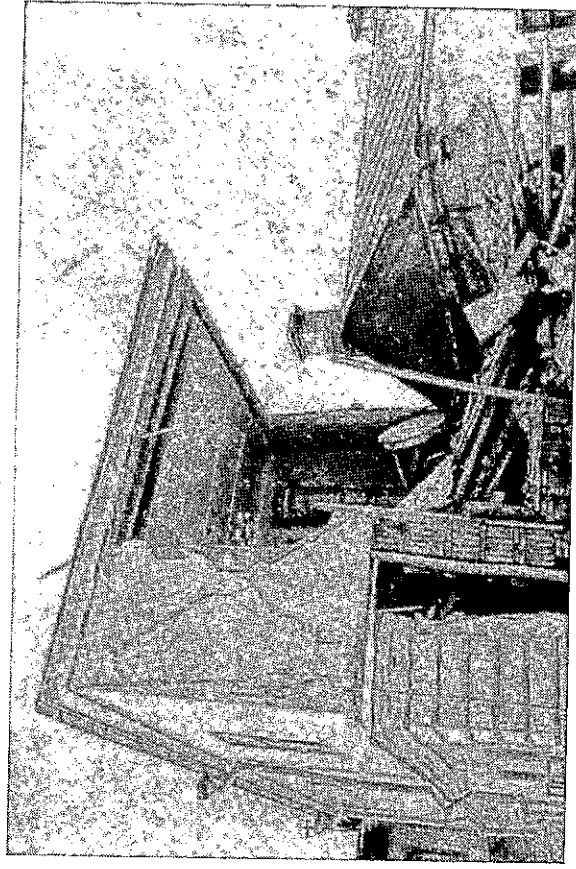
В. И. Улолов, А. И. Захарова, Н. В. Уломова

Землетрясение в г. Ташкенте 26 апреля 1966 г.

26 апреля 1966 г. в 5 ч. 22 м. 50 с. местного времени (25 апреля в 23 ч. 22 м. по Гринвичу) в г. Ташкенте произошло сильное землетрясение [1]. Оно проявилось в виде непродолжительных (порядка 6—8 сек) интенсивных колебаний, сопровождавшихся мощным подземным гулом. Сразу же за основным землетрясением последовали многоочисленные повторные толчки, большинство из которых ощущалось в виде резких звуков, подобных мощным орудийным залпам. Позже звуковой эффект афтершоков стал менее четок и напоминал громовые раскаты. В первые дни слабые толчки следовали один за другим через каждые 2—3 мин. Затем эти интервалы увеличились, а звуковые явления несколько ослабли.

В результате землетрясения в городе разрушено много жилых домов, административных зданий, учебных заведений, культурно-бытовых объектов. Тысячи людей оказались без крова. Городу был нанесен значительный ущерб. В основном пострадали здания старой постройки без антисейсмических конструкций (фиг. 1). Оказались поврежденными и некоторые здания и сооружения, построенные с учетом восьмибалльной сейсмичности.

По данным Центральной сейсмической станции Ташкент, дежурная служба которой сразу же после основного толчка подала оперативную

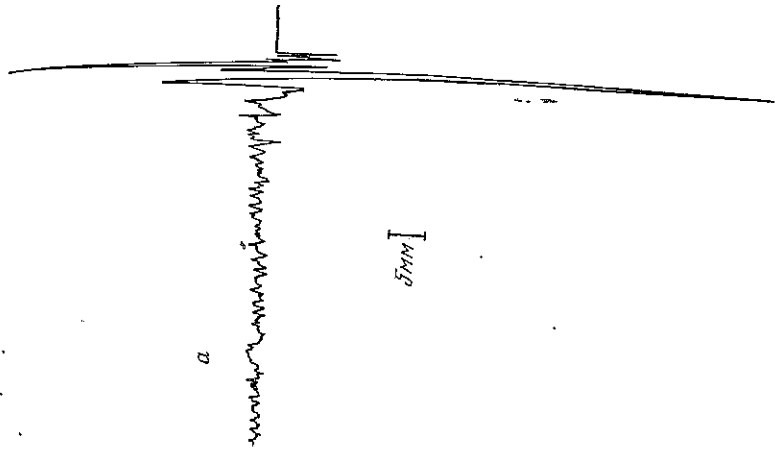


Фиг. 1. Пример типичного разрушения зданий старой постройки в г. Ташкенте

Число	Момент возникновения, ч. м. с.	Координаты эпицентра		Глубина очага, км	Класс точности	К
		φ° N	λ° E			
9	17 25 58	36°27'	70°18'	200	A	11
16	16 36 27	36 21	69 30	150	B	11
17	23 32 00	37 24	71 26	200	A	12
25	18 43 48	36 21	70 44	180	B	11
26	23 34 36	36 29	70 17	190	B	11
27	10 00 46	37 35	71 11	110	A	11
29	20 54 18	36 29	70 40	70	B	11
29	05 45 29	36 25,5	70 26,5	140	A	11
30	14 00 39	36 26	71 12	50	A	11
30	02 22 14	37 08	71 47	100	A	11
31	22 24 21	36 13	70 55	175	B	11
				130	B	12
Ноябрь						
2	10 18 00	37 51	72 39	230	A	12
5	04 51 02	35 31	69 29	110	B	11
8	02 10 58	36 45	71 12	200	A	11
9	10 48 50	37 38	71 58	180	A	12
17	04 29 04	36 18	70 05	130	A	12
18	17 21 44	37 14	71 57	100	B	11
19	17 48 59	36 35	70 46	150	A	11
20	20 29 43	37 08	71 22	100	B	12
21	02 59 43	36 11	70 46	130	B	11
21	18 07 31	34 43	69 11	70	B	12
24	19 46 52	36 28	71 23	80	B	11
29	19 12 18	36 18	70 42	230	B	11
29	10 11 02	36 40	70 12	210	B	11
		36 37	70 00	230	A	13
Декабрь						
1	16 51 36	38 33	73 19	150	A	12
3	14 20 41	36 45	70 15	80	B	11
4	17 58 08	37 14	71 37	120	B	11
4	03 06 12	36 27	70 37	230	A	11
5	05 18 48	36 25	71 04	140	B	11
6	11 08 28	36 33	70 35	240	A	12
7	23 29 48	36 26	70 22	240	A	12
7	23 27 36	36 03	70 15	240	A	12
9	21 38 10	36 28	71 11	110	B	13
12	22 07 12	36 36	70 51	110	A	11
13	22 55 43	36 08	69 08	120	B	11
13	12 21 03	37 16	71 56	110	B	14
	16 00 50	36 34	67 03	50	B	11
15	23 11 30	36 32	70 22	210	A	11
16	03 14 46	36 21	70 37	120	A	12
16	08 16 42	37 13	71 56	150	A	12
19	16 26 30	38 34	73 43	130	A	11
20	01 05 36	37 31	72 05	210	B	11
21	10 07 26	36 32	70 49	250	B	11
23	00 39 09	38 27	73 31	175	A	12
	02 11 24	36 22	71 12	50	B	11
	04 10 13	36 22	71 07	280	B	12
24	15 49 36	38 36	68 26	130	B	11
26	17 00 30	36 43	71 17	170	B	11
	01 28 00	36 10	69 49	150	B	13
	03 38 52	36 22	71 11	80	A	11

сводку директивным органам, очаг землетрясения располагался на глубине 8 км под центральной частью города. Интенсивность сотрясений по записям сейсмографов механической регистрации СМР-II и сейсмометра балльности СБМ, которые были расположены в 1,5—2 км от центра плейсто-сейстовой зоны, по предварительным данным была оценена в 7—8 баллов.

На фиг. 2 представлены записи Ташкентского землетрясения приборами СМР-II (фиг. 2, а) и СБМ (фиг. 2, б) станции Ташкент. В первые же минуты после землетрясения дежурная автомашина сейсмо-станции совершила объезд пострадавшей от разрушений территории города и его окрестностей, где землетрясение едва ощущалось. Была составлена программа макро-сейсмического обследования последствий землетрясения, и несколько групп сотрудников станции и Ташкентского института сейсмологии и сейсмостойкого строи-



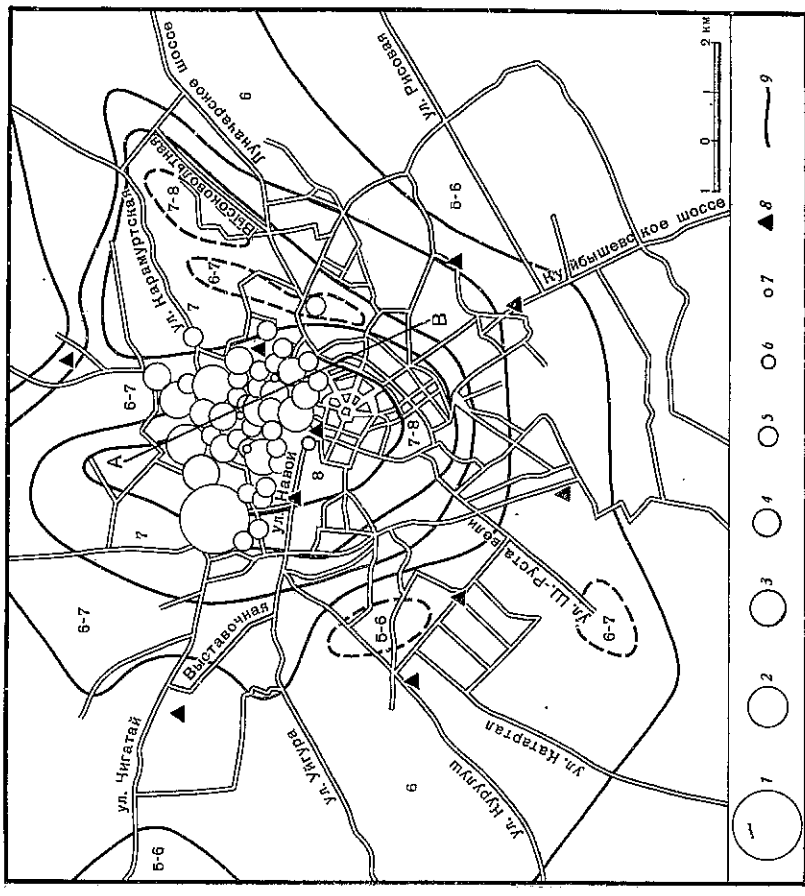
Фиг. 2. Записи землетрясения 26 апреля 1966 г.

а — сейсмографом СМР-II (составляющая ВЗ); б — сейсмографом СБМ

тельства приступили к изучению плейстосейстовой зоны и удаленных от города районов.

Через несколько дней была составлена карта изосейст Ташкентского землетрясения [2] (фиг. 3). Важно отметить, что плейстосейстовая область охватила ту часть территории города, которая еще задолго до землетрясения была отнесена по схеме сейсмического микрорайонирования к неблагоприятной в связи с плохими грунтовыми условиями. Поэтому, естественно, что непосредственно в этой части эпицентральной зоны сотрясения могли достигнуть, а местами и несколько превысить, 8 баллов. Восьмибалльная зона, охватывающая площадь примерно в 10 км², вытянута с северо-запада на юго-восток, что обусловлено, по всей видимости, «спарыванием» очаговой зоны в этом направлении. Вытянутость изосейст более низких баллов в северо-восточном направлении объясняется неблагоприятными условиями и ориентацией ортогональной системы глубинных разломов. Аналогичная вытянутость изосейст наблюдается и далеко за пределами города. Минимальные сотрясения почвы на территории Ташкента наблюдались на галечниковых отложениях р. Чирчик (5—6 баллов).

Ташкентское землетрясение не было неожиданностью, так как согласно схеме сейсмического районирования СССР 1949 г. г. Ташкент по средним



Фиг. 3. Карта изосейст Ташкентского землетрясения, эпицентров, основного толчка и его афтершоков

Энергетический класс: 1 — $K = 13,5$; 2 — $K = 12$; 3 — $K = 11$; 4 — $K = 10$; 5 — $K = 9$; 6 — $K = 8$; 7 — $K = 6 + 7$; 8 — сейсмические станции; 9 — изосейсты балльности

грунтовым условиям отнесен к восьмибалльной зоне сейсмичности и все новое строительство производилось из расчета на 8 баллов.

Ташкентский очаг не впервые проявил себя. Известно аналогичное семи- — восьмибалльное землетрясение, происшедшее в Ташкенте в 1868 г., и два почти семибалльных в 1924 и 1938 гг. [3].

Каких-либо заметных подземных толчков в очаговой зоне до 26 апреля 1966 г. сейсмостанцией Ташкент не зарегистрировано. Правда, в конце 1961 г. из северо-западного района города поступали сообщения о глухих подземных ударах, но на сейсмограммах стации их обнаружить не удалось. На северной окраине Ташкента во время работ по сейсмическому микрорайонированию в период 1963—1965 гг. регистрировались интенсивные колебания, происхождение которых не установлено.

На Центральной сейсмической станции (ЦСС) Ташкент в момент основного толчка действовала аппаратура следующих типов:

- 1) трехкомпонентная установка из сейсмоприемников СВК, СГК, гальванометров ГК-VII-M; частотная характеристика столбообразная в интервале периодов 0,3—9,0 сек; увеличение 1000, скорость регистрации 60 мм/мин;
- 2) трехкомпонентная установка из вибрографов ВЭГИК и электрографического осциллографа НОО1 с видимой записью и ждущей разверткой с десятисекундной памятью; частотная характеристика столбообразная в интервале периодов 0,05—1,5 сек; увеличение 2000; скорость регистрации 240 мм/мин;

3) трехкомпонентная установка из сейсмоприемников СК-III-M и осциллографа НО02 с тепловой видимой записью; частотная характеристика столбчатая в интервале периодов 0,05—3,0 сек; увеличение различное на всех каналах от 300 до 3000; скорость регистрации 120 мм/мин;

4) двухкомпонентная установка сейсмографов механической регистрации СМР-II с частотной характеристикой, столбчатая в интервале 0,3—5,0 сек и увеличением 7;

5) сейсмометр балльности СБМ.

Кроме аппаратуры, установленной в подземных помещениях ЦСС, в четырех пунктах города в различных грунтовых условиях действовала сейсмометрическая аппаратура, состоящая из вибрографов ВЭГИК и осциллограммов ОСБ-VI-M. Эти станции, работавшие в момент землетрясения в ждущем режиме, во второй половине мая были переведены в режим непрерывной регистрации.

На следующий день после землетрясения непосредственно в эпицентре с целью надежного определения глубины залегания очагов повторных толчков начала действовать передвижная сейсмическая станция, смонтированная на автомашине ГАЗ-51. Регистрация производилась горизонтальными сейсмоприемниками ВЭГИК и гальванометрами ГВ-IV в широком диапазоне увеличений.

Несколько позже аппаратура ЦСС пополнилась установкой автоматической регистрации землетрясений УАР, сейсмометрами АИС, акселерографами ИСО-2 с сейсмоприемниками С-5-С и комплектом наклонномеров. Кроме того, в эпицентральной зоне Института физики Земли АН СССР и Институт геологии Академии наук Армянской ССР были установлены эпицентральной сейсмической станция (ЭСС) и в четырех пунктах города на различных грунтах аппаратура ИСО-2 + С-5-С и АИС-II.

По рекомендации Председателя Совета по сейсмологии АН СССР Е. Ф. Саваренского в мае-июне было открыто еще семь сейсмостанций: три из них — Комплексной сейсмологической экспедицией Института физики Земли АН СССР и четыре — Институт геологии и геофизики АН Узб. ССР. Расположение сейсмических станций в городе показано на фиг. 3. В это же время Институт горного дела АН СССР были организованы геоакустические скважинные наблюдения повторных толчков. В июле-августе начали действовать еще 13 станций типа Земля Института ВНИИ Геофизика Министерства геологии СССР. Основной задачей этой группы было изучение глубинного строения Ташкентского района.

В табл. 1 приведены динамические возможности сейсмометрической аппаратуры ЦСС Ташкент. Как видно из таблицы, аппаратура обеспечивала регистрацию и позволяла изучать динамические особенности записей повторных толчков в интервале от практически неопределимых до самых сильных. Координаты очага основного землетрясения были найдены по инструментальным данным, при этом использовались записи 32 сейсмических станций Средней Азии, как стационарных, так и экспедиционных. Ближайшая

Таблица 1

Тип аппаратуры	Разрешающие динамические возможности аппаратуры (баллы)						
	2 и менее	3	4	5	5-6	6	6-7
СК + ГК-VII-M							
ВЭГИК + НО01							
СК-III-M + НО02							
ВЭГИК + ОСБ-VI							
СМР-II							
СБМ							

к эпицентру станции Ташкент находилась на расстоянии 2—3 км, наиболее удаленная — Хорог — около 500 км. Наименьший разброс засечек получен при определении по годографу Приташкентского района [4] для глубин $H = 5$ и 10 км. Для уточнения положения очага были привлечены данные скоростного разреза земной коры, полученного методом сейсмо-разведки — КМПВ в районе г. Ташкента, и сейсмокаротажная глубоководная скважина, пробуренная непосредственно на территории города. В результате вычислены наиболее вероятные координаты очага основного землетрясения: $\varphi = 41^{\circ}21' N$, $\lambda = 69^{\circ}16' E$, $H = 8$ км, время возникновения 23 ч. 22 м. 50 с. по Гринвичу. Погрешность определения координат очага $\pm 1,5$ км. Результаты определения положения координат эпицентра Ташкентского землетрясения очень хорошо согласуются с данными макросейсмического исследования. Инструментальный эпицентр располагается на северозападной окраине плейстоценовой зоны.

Энергетические характеристики Ташкентского землетрясения $K = 13,5$, $M = 5,3$ вычислены по данным сейсмических станций Средней Азии (табл. 2).

Таблица 2

Сейсмические станции	К	M	Сейсмические станции		К	M
			Сейсмические станции	К		
Ташкент	—	5,5	Душанбе	—	5,4	—
Фергана	13	5,4	Куляб	—	5,3	—
Андижан	13	5,6	Пржевальск	—	5,5	—
Наманган	13	—	Красногорка	13,4	—	—
Гарм	14	—	Рыбачье	13,7	—	—
Хорог	13	5,2	Талгар	14,8	—	—
Самарканд	—	5,0	Фрунзе	13,7	—	—

К концу 1966 г. ЦСС Ташкент было зарегистрировано около 800 ошутимых повторных толчков, наиболее сильные из них с интенсивностью $I \geq 6$ баллам приведены в табл. 3.

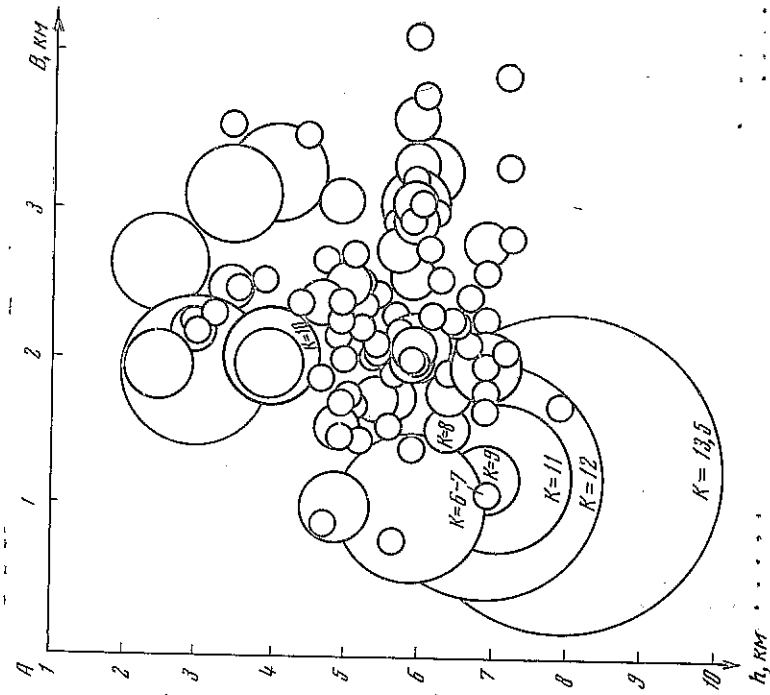
Таблица 3

Дата	Момент возникновения, ч. м.	Координаты эпицентров		Глубина очага, км	M	К	Баллы
		$\varphi^{\circ} N$	$\lambda^{\circ} E$				
25.IV	23	41,85	69,27	8	5,3	13-14	8
7.V	21	41,83	69,28	6	3,8	11	6-7
9.V	18	41,34	69,28	7	4,5	12	7
	18	41,34	69,28	6-7	4,0	11	6-7
24.V	07	41,33	69,29	3-4	3,7	10	7
4.VI	21	41,33	69,28	2-3	3,7	10	7
29.VI	09	41,32	69,28	2-3	3,6	10	7
4.VII	14	41,34	69,28	2-3	4,0	11	7
13.X	11	41,33	69,30	6	3,1	9	6

Координаты очагов афтершоков определялись по уточненному для территории города годографу. При этом широко использовались времена прихода на городские сейсмические станции как продольных, так и поперечных волн, а также их разности $S - P$ и азимуты первых вступлений.

Погрешность определения координат афтершоков не превышала $\pm 0,5 - 1$ км.

Энергетические характеристики для сильных повторных толчков с $K \geq 9$ вычислялись по данным среднеазиатских сейсмических станций. Для $K < 9$ вычисления производились по записям сейсмических станций Ташкент и Сукок с учетом полученной нами динамической корреляционной



Фиг. 4. Разрез по линии АВ фиг. 3.

Энергетический класс определяется величиной кружка

зависимости. При этом использовалась номограмма Т. Г. Раутиан [5]. Наиболее слабые повторные толчки, зарегистрированные ЦСС Ташкент, имели $K = 4$, представлятельным энергетическим классом является $K = 6$. Суммарная энергия всех повторных толчков не превосходит 5% энергии основного землетрясения.

Эпицентры основного землетрясения и его афтершоков, происшедших в 1966 г., показаны на фиг. 3. На фиг. 4 приведен вертикальный разрез по линии АВ (фиг. 3). Увеличение радиусов окружностей на фиг. 4 пропорционально возрастанию энергетических классов K афтершоков от $K = 6$ до $K = 13,5$. Глубина очагов афтершоков варьирует в диапазоне 3—8 км. Наибольшее количество повторных толчков произошло на глубине около 6 км.

Анализ распределения очагов афтершоков в пространстве и во времени позволил обнаружить постепенное их «всплывание» с глубин 7—8 до 3 км и миграцию в юго-юго-восточном направлении. Построение графиков повторности дало возможность вычислить один из параметров сейсмического режима эпицентральной зоны $\gamma = -0,4 \pm 0,05$ [6]. По графикам типа Беньюфа [7] прослеживался процесс релаксации упругих напряжений в очаговой зоне и делались попытки предсказания наиболее сильных афтершоков [1].

Ташкентское землетрясение тектонического происхождения. Оно связано с перемещением блоков кристаллического фундамента вдоль почти вертикального разлома северо-западного простирания. Вспарывание началось на глубине около 8 км и распространилось в юго-восточном направлении до глубин порядка 2—3 км. При этом наиболее сильно деформированное северо-восточное крыло разлома оказалось смещенным вверх. Последовав-

шие вслед за землетрясением повторные толчки обусловлены упруго-пластической релаксацией в сильно деформированной надочаговой области правого крыла разлома. В результате упруго-пластического расслабления возникших упругих напряжений над правым крылом разлома наблюдается постепенное всплывание земной поверхности (до 50 мм), выявленное повторной нивелировкой. На поверхности земли в плейстоценовой зоне обнаружены тонкие трещины, возникновение которых, по-видимому, обязано сейсмогравиационному эффекту, а не непосредственному проявлению разлома.

На основании полученных зависимостей максимальной амплитуды и ускорение колебаний почвы в эпицентре составили $A = 8,8$ мм, $a = 115$ см/сек².

Объем очага, т. е. объем, в котором упругие напряжения достигли критической величины и произошло нарушение сплошности среды, составляет около 60 км³, т. е. соответствует объему куба с ребром в 4 км.

В результате проведения широкого комплекса сейсмологических, геологических, геофизических, геодезических и других научно-исследовательских работ по изучению очаговой зоны Ташкентского землетрясения получен большой материал, который дает дополнительные сведения об особенностях глубинного строения и динамике земной коры, физике землетрясений и сейсмическом режиме повторных толчков.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Уломов, А. И. Захарова, Н. В. Уломова. Ташкентское землетрясение 26. IV 1966 г. и его повторные толчки. Докл. АН СССР, 177, № 3, 1967.
2. Л. А. Коган, Л. К. Лозович, В. М. Мирзаяв, О. Н. Романов. Карта изосейст Ташкентского землетрясения. «Архитектура и строительство Узбекистана», № 8, Ташкент, 1966.
3. Н. П. Васильковский, М. П. Репников. Тектоника и сейсмичность северо-восточной части Приташкентского района, Ид-во Узб. филиала АН СССР. Ташкент, 1940.
4. А. И. Захарова. Специальные топографы для Приташкентского района и Центральной части Чаткальского хребта по данным землетрясений. Труды Ин-та математики АН Узб. ССР, вып. № 25. Ташкент, 1962.
5. Т. Г. Раутиан. Загущение сейсмических волн и энергия землетрясений. Статьи и доклады АН Тадж. ССР, 1960.
6. Ю. В. Ризниченко. Об изучении сейсмического режима. Изв. АН СССР, серия геофиз., № 9, 1958.
7. Слабые землетрясения. ИЛ, 1961.