

ЯЛТИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 22 ноября 1996 года, $M_s=2.9$, $I_0=5$ (Крым)**А.Н. Пустовитенко**

Сравнительно небольшое по энергии ($K_{II}=9.1$) землетрясение с эпицентром на суше, на окраине г. Ялты, произошедшее 22 ноября в 11^h17^m, сопровождалось, тем не менее, ощутимыми сотрясениями, и по месту возникновения названо Ялтинским. Благодаря близкому к эпицентру расположению сейсмической станции "Ялта" координаты (44.51°N, 34.16°E) и глубина ($h_n=10$ км) очага определены достаточно точно [1]. Землетрясение вызвало панику в центральной и северной горной части города, где оно ощущалось с интенсивностью до 5 баллов [2] по шкале MSK-64 [3]. Это – второе землетрясение за период детальных сейсмических наблюдений (с 1961 г.) с эпицентром непосредственно в Ялте. Первое, зарегистрированное 16.11.1965 г. в 19^h39^m с координатами 44.5°N, 34.2°E [4], было меньшей величины ($K_{II}=8.7$), поэтому не ощущалось.

Ялтинское землетрясение (табл. 1) было записано станциями "Ялта", "Алушта", "Севастополь", "Судак" и "Симферополь"; на станции "Феодосия" – пропуск регистрации (профилактический ремонт аппаратуры), на станции "Казантип" запись землетрясения плохо выражена из-за значительного фона микросейсм. Вслед за основным толчком произошли два афтершока с $K_p=6.7$ и 5.9 (табл. 1), следовательно энергетическая ступень между главным толчком и его максимальным афтершоком составляет $\Delta K=2.4$.

Таблица 1. Основные параметры Ялтинского землетрясения и его афтершоков

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Эпицентр		δ , км	h , км	δh , км	K_{II}
				φ° , N	λ° , E				
	22.11	11 17 41.4	0.5	44.51	34.16	5	10_n 3_m	5	9.1
1	22.11	17 47 37.8	0.5	44.52	34.16	8	8	5	6.7
2	22.11	18 07 36.9	1.0	44.51	34.16	7	9	5	5.9

Примечание. Нижними индексами "и" и "м" помечены глубины очага по инструментальным и макросейсмическим данным.

Для обследования макросейсмического эффекта землетрясения была организована специальная экспедиция. Ею собраны сведения из 24 населенных пунктов и отдельных организаций – турбазы, санатории, лесничества и т.д. (табл. 2). С наибольшей интенсивностью 5 баллов землетрясение ощущалось в трех пунктах города: в районе расположения ресторана "Учансу", вблизи одноименного водопада, турбазе "Тюзлер", санатории "Узбекистан". На первом этаже ресторана "Учансу" повара и официанты ощутили сильный удар и увидели, "как будто качнуло открытые створки окон сквозняком". Наверху на втором этаже пятеро посетителей подумали, что была взорвана бомба. На турбазе "Тюзлер" люди сидели в комнате, ощутили сильный удар и сотрясение с рокотом, "как при остановке холодильника с плохо отрегулированным электромотором". Ниже "Учансу", в санатории "Узбекистан", на втором этаже железные разделочные столы двигались, большие люстры качались. На первом этаже в прачечной "почва под ногами прошла волной". В одноэтажном магазине упала с полки трехлитровая бутылка.

Таблица 2. Макросейсмические данные о Ялтинском землетрясении 22 ноября в 11^h17^m ($K_{II}=9.1$, $M_c=2.9$)

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
<u>5 баллов</u>			<u>2–3 балла</u>		
1	Санаторий "Узбекистан"	5	14	Гурзуф	9
2	Ресторан "Учансу"	6	15	Артек	13
3	Турбаза "Тюзлер"	9	16	Лавровое	14
<u>4 балла</u>			17	Симеиз	20
4	Массандра	5	<u>2 балла, ощущалось только</u>		
5	Ялта, центр	6	<u>на верхних этажах</u>		
6	Ботаническое	7	18	Партенит	15
13	Мисхор	13	19	Парковое	25
<u>3–4 балла</u>			<u>Не ощущалось</u>		
8	Ливадия	9	20	Плато Ай-Петри (метеостанция, турбаза, лесничество)	15
9	Алупка	16	21	Соколиное	21
10	Кацивели	26	22	Байдарские ворота	36
<u>3 балла</u>			23	Орлиное	36
11	Ореанда	9	24	Форос	36
12	Гаспра	12			
13	Кореиз	14			

Часть сведений, в основном в г. Ялта, была получена из 62 анкет: гул услышан в 23 случаях, направление колебаний наблюдали в шести случаях в направлении север-юг, в трех – восток-запад.

Отметим наиболее интересные сообщения из анкет по г. Ялта:

- Улица Московская 39, Гидрогеологическая партия, четвертый этаж четырехэтажного здания. Один очевидец сидел, другой стоял. "Испугались, выбежали из помещения, слышали звон, дребезжание. Создалось впечатление, что плиты перекрытия скользят по стеновым блокам, в верхних углах (на потолке) как бы с вращением". Здание находится в пределах аллювиальных отложений р. Дерекойка.

- Улица Руданского 3, первый этаж двухэтажного дома. "Сидели в помещении, не испугались, но вышли из дома, видели раскачивание висячих предметов, ощущали сотрясение здания в целом". Этот дом также расположен в пределах аллювиальных отложений р. Дерекойка.

- Улица Грибоедова 5, второй этаж пятиэтажного дома. "Лежали в помещении, испугались, выбежали, диван сдвинулся, ощущалось сотрясение здания в целом". Улица Грибоедова расположена в верхней части г. Ялта, близко к эпицентру землетрясения.

- Интересное сообщение получено от очевидца, находившегося в момент землетрясения на корабле, стоявшем у причала №2. Он сидел в помещении и ощутил "удар причала о борт корабля".

Большая часть сведений о сотрясениях с $I \leq 4$ балла получена от жителей, находившихся в момент землетрясения на верхних этажах. При обработке данных балльность, определенная по этим сведениям, уменьшалась на единицу независимо от номера этажа, т.е. приводилась к значениям, полученным по первому этажу. Результаты интерпретации опросных данных и сведений из анкет представлены на карте изосейст (рис. 1). К сожалению, уверенно удалось провести лишь изосейсту в 5 баллов, так как населенные пункты, где ощущались сотрясения меньшей интенсивности, существуют только вдоль береговой полосы моря, а в горной части Крыма они отсутствуют. На плато Ай-Петри, на высоте около 1200 м над уровнем моря, никто из опрошенных, находившихся на турбазе, на метеостанции, в лесничестве и в воинской части, землетрясения не заметил.

Создается впечатление, что сотрясения распространялись с большей интенсивностью в западном направлении, в сторону Алупки и Симеиза. На восток от эпицентра наиболее заметные колебания в 5 баллов на верхних этажах и 4 балла на первом этаже зафиксированы в пос. Ботаническое. При этом на метеостанции, расположенной в Ботаническом саду, в момент землетрясения отмечено отклонение линии записи барографа с амплитудой 4 мбар. В Гурзуфе колебания резко уменьшились до 3 баллов, а в Партените (бывшее Фрунзенское) снизились до 2-3 баллов.

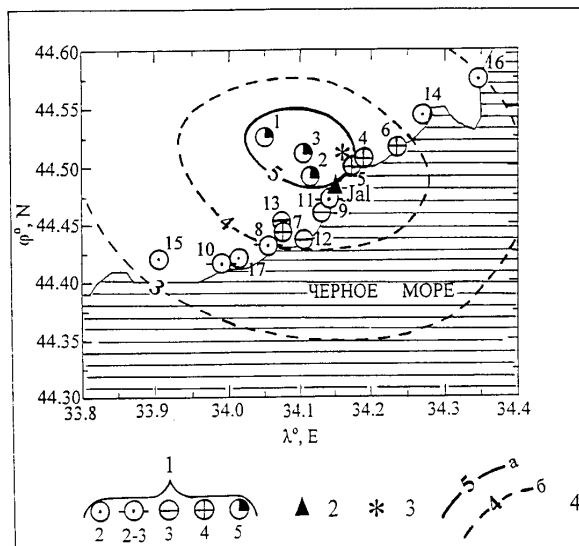


Рис. 1. Схема изосейст Ялтинского землетрясения 22 ноября 1996 г. с $K_{II}=9.1$

1 – интенсивность сотрясений I в баллах по шкале MSK-64 [3]; 2 – сейсмическая станция; 3 – инструментальный эпицентр; 4 – изосейста, уверенная (а) и неуверенная (б), соответственно.

Поскольку точность проведения изосейст оказалась низкой из-за небольшого числа населенных пунктов, определение коэффициента затухания и глубины очага по макросейсмическим данным не может претендовать на высокую точность. Тем не менее, такая оценка сделана по методике Н.В. Шебалина [6]. Из соотношения радиусов первой и второй изосейст величина коэффициента затухания оказалась близкой к $\nu=4.0$, что несколько выше среднестатистического значения для землетрясений Крыма ($\bar{\nu}=3.5$) [6]. При значении $\nu=4.0$ глубина очага по макросейсмическим данным получается порядка $h_m=3$ км, что меньше инструментальной ($h_m=10 \pm 5$ км [7]).

Рассмотрим сейсмичность очаговой зоны Ялтинского землетрясения (в пределах координат $44.42^\circ-44.58^\circ N$ и $34.05^\circ-34.25^\circ E$). По данным [4] здесь было зарегистрировано 77 землетрясений с $K_{II}=4-11$ (рис. 2). В 1959-1961 гг. произошли два достаточно сильных для Крыма землетрясения (30.01.1961 г. в 13^h42^m , $K_{II}=10.0$ и 21.02.1961 г. в 00^h32^m , $K_{II}=10.6$ [4]). Этим событиям в 1959 г. предшествовал один толчок с $K_{II}=8.0$ [4], а в 1961 г. после названных землетрясений зарегистрировано 33 слабых толчка, в основном, афтершоков второго землетрясения. После этого наступило относительное затишье – в 1962-1980 гг. отмечено всего 9 толчков, из которых только один был с $K_{II}=8.7$ в 1965 г. [4], а остальные более слабые. С 1981 г. по 1996 г. зарегистрировано 33 слабых землетрясения благодаря повышению качества наблюдений в период работы Крымской сейсмологической партии с высокочувствительными наземными и скважинными сейсмографами.

Согласно [4,8,9] в 1996 г. для Ялтинско-Алуштинской зоны представительны землетрясения с $K_{II} \geq 6.0$, а в период 1980-1995 гг., когда велась непрерывная регистрация землетрясений с $V=300\ 000$ на сейсмической станции "Севастополь" и с $V=80\ 000$ на сейсмической станции "Салгир", $K_{II} \geq 5.0$. Точность определения координат эпицентров слабых толчков по двум-трем станциям довольно низкая, поэтому толчки, следующие за сильным землетрясением вносились в каталог с его координатами. По эпицентрам наиболее сильных землетрясений, показанных на рис. 2, можно выделить сейсмический линеймент субширотного простирания.

Была предпринята попытка определить механизм очага Ялтинского землетрясения по знакам первых вступлений на станциях "Симферополь", "Севастополь", "Судак", "Алушта", "Ялта", при этом на последней станции из них положительный знак вступления Р-волны был получен по знакам вступления этой волны на горизонтальных составляющих [10]. Отметим, что на записи вертикальной составляющей Р-волны двух афтершоков на этой станции (табл. 1) также наблюдаются четкие положительные знаки первых вступлений, что является косвенным подтверждением правильности оценки знака на станции "Ялта".

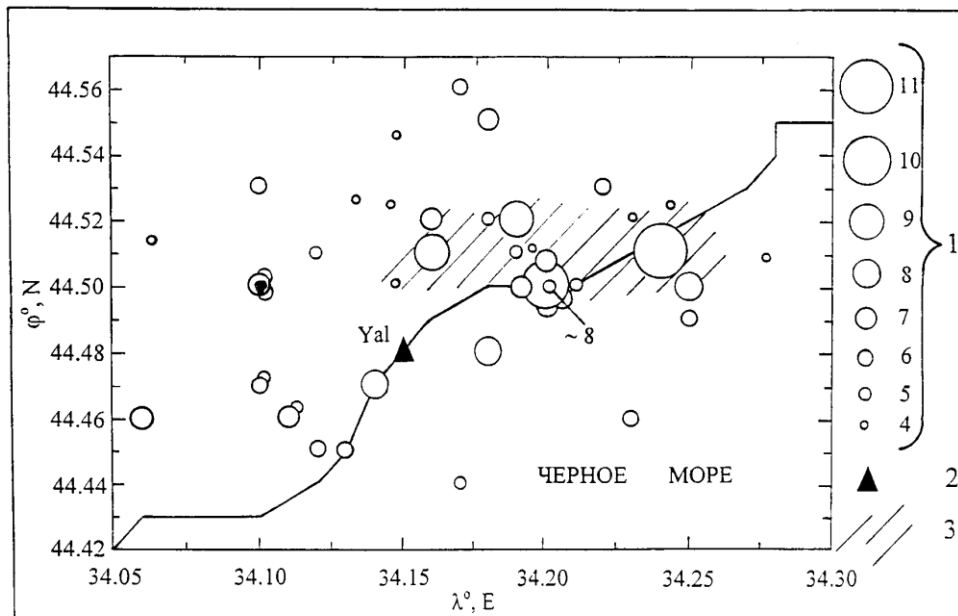


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений района исследований за 1959-1996 гг.

1-энергетический класс $K_{п}$; 2-сейсмическая станция; 3 – близширотная зона повышенной плотности наиболее сильных землетрясений (сейсмический линеамент).

При построении механизма очага [11] на сетке Вульфа в нижней полусфере получено три варианта разделения знаков нодальными плоскостями (табл. 3, рис. 3,а-в). Если в первом варианте (рис. 3,а) по обеим плоскостям характер подвижки – чистый сдвиг (по широтной – левосторонний, по меридиональной – правосторонний), то во втором (рис. 3,б) по широтной плоскости тип подвижки сохраняется, а по меридиональной приобретает характер взброса. В третьем варианте (рис. 3,в) подвижка по широтной плоскости – правосторонний сдвиг, а по близмеридиональной – левосторонний сдвиг с компонентой взброса.

Таблица 3. Три варианта параметров механизма очага Ялтинского землетрясения 1996 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h, км	$K_{п}$	M_s	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
						T		N		P		NP1			NP2		
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	22.11	11 17 41.4	10	9.1	2.9	8	140	81	293	4	49	275	87	9	185	81	177
2	-	-	-	-	-	42	287	25	172	38	261	88	25	5	353	88	115
3	-	-	-	-	-	34	71	51	220	16	330	105	54	165	204	78	37

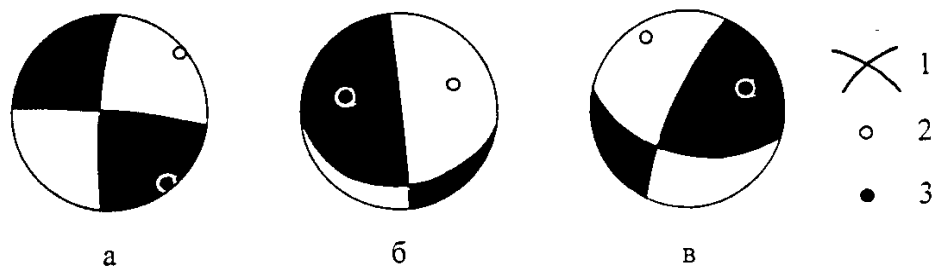


Рис. 3. Возможные варианты механизма очага Ялтинского землетрясения 1996 г.

1 – нодальные линии; 2,3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения, соответственно; зачернены области сжатия.

Поскольку нодальная плоскость с близширотным азимутом простирания в третьем варианте наиболее близка к продольной оси первой изосейсты (разница их азимутов не превышает 2°), а в первых двух вариантах – 19° и 12° , соответственно, то можно предположить, что именно она относится к реализовавшейся при Ялтинском землетрясении подвижке в его очаге. Дополнительным подтверждением этого является широтное простирание сейсмического линеамента, образованного в исследуемой зоне наиболее сильными землетрясениями в рассматриваемый период времени. Поэтому в каталог [11] помещен третий вариант, как наиболее достоверный.

Л и т е р а т у р а

1. **Свидлова В.А. 1997.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1995-1996 гг. // Сейсмологический бюллетень Украины за 1995-1996 гг. Симферополь: Изд-во Экокси-Гидрофизика. С. 21-37.
2. **Пустовитенко А.Н. 1997.** Ощутимое землетрясение 1996 г. в Крыму // Сейсмологический бюллетень Украины за 1995-1996 гг. Севастополь: Изд-во Экокси-Гидрофизика. С. 121-123.
3. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). 1965.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: Изд-во МГК АН СССР. 11 с.
4. **Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. 1989.** Основной каталог землетрясений Крыма за 1927-1986 гг. // Землетрясения Крымско-Черноморского региона. Киев: Изд-во Наукова думка. С. 68-139.
5. **Костина А.Ф., Капитонова С.А., Дубинский И.Б. 1967.** Землетрясения Крыма // Землетрясения в СССР в 1965 году. М.: Наука. С. 18-19.
6. **Шебалин Н.В. 1977.** Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый Каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. С. 20-30.
7. **Свидлова В.А.** Крым. См. раздел III (Каталоги землетрясений) в наст. сб.
8. **Аранович З.И., Дубинский И.Б., Пустовитенко Б.Г. 1980.** Об эффективной чувствительности сейсмических наблюдений в Крыму и методах ее повышения // Детально сейсмическое районирование. М.: Наука. С. 103-111.
9. **Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.Н. 1993.** Состояние и перспективы развития сети сейсмических станций Западной зоны ЕССН // Сейсмологические и геотермические исследования на западе СССР. Минск: Изд-во Наука и техника. С. 22-36.
10. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. 1982.** М.: Наука. 273 с.
11. **Пустовитенко А.А.** Крым. См. раздел IV (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб.
12. **Пустовитенко Б.Г. 1977.** Тектонические напряжения в земной коре Крымского региона по данным об очагах слабых землетрясений // Геофизический сборник АН УССР. Вып. 78. Киев: Наукова думка. С. 15-23.