БЮЛЛЕТЕНЬ
МОСКОВСКОГО ОБЩЕСТВА
ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ
НОВАЯ СЕРИЯ, ТОМ LII

ОТДЕЛ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ, ТОМ XXII (3)

Ответственный редактор проф. В. А. Варсанофьева

ГОД 1947

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DES NATURALISTES
DE MOSCOU

NOUVELLE SÉRIE, TOME LII

SECTION GÉOLOGIQUE, TOME XXII (3)

Rédacteur en chef prof. V. Varsanofieva

ANNÉE 1947

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО ОБЩЕСТВА ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ
МОСКВА—1947

Некоторые данные по сейсмотектонике Крыма

Г. П. Горшков и А. Я. Левицкая

Содержание. В статье дается характеристика сейсмического режима Крымского полуострова, анализируются сведения неинструментального и инструментального порядка, устанавливаются основные элементы сейсмотектоники Крыма, налагается новая схема сейсмического районирования.

Основными источниками сведений о землетрясениях Крыма являются: 1) случайные неинструментальные наблюдения и описания, составленные очевидцами, 2) специальные исследования, главным образом геологического порядка, и 3) наблюдения региональных сейсмических станций. Все фактические сведения собираются и концентрируются в карточных каталогах, хранящихся в Сейсмологическом институте АН СССР [5]. Ежегодно с 1928 г. публикуются Бюллетени крымских региональных станций [3] и время от времени выходят в свет списки землетрясений, более или менее полные, с теми или иными специальными целями (В. Кондараки 1875 г., В. Д. Соколов 1890 г., А. Ф. Слудский 1928 г., Н. Кельин 1928 г., А. Маркевич 1928 г., М. В. Смирнов 1931 г. [11], В. В. Попов 1940 г. [9] и др.). Среди специальных исследований оригинальные сведения содержат преимущественно работы А. В. Вознесенского [4], А. Д. Архангельского [2], Н. В. Райко [10].

История Крыма хранит сведения о разнообразных событиях сейсмического порядка: здесь нередко фиксировались колебания почвы, связанные с карпатскими и малоазиатскими очагами, ощущались узко локализованные сотрясения, вызванные извержениями грязевых вулканов, обвалами скал или обрушениями карстовых пустот. Однако наибольшей частотой, определенностью, а иногда и опасностью для жителей отличаются, естественно, тектонические землетрясения местных очагов. Неинструментальная статистика содержит сведения о 89 таких землетрясениях за период с 1800 по 1945 г. (исключая трехлетний период 1927—1929 гг., на который падают два весьма сильных землетрясения с многочисленными афтершоками, зарегистрированными сейсмическими станциями). Приводим таблицу.

Таблица 1

Число землетрясений в Крыму согласно неинструментальным данным

Период	1800 1809	1810 1819	1820 1829	1830 1839	1840 1849	1850 1859	1860 1869	1870 1879	1880 1889	1890 1899	1900 1909	1910 1919	1920 1929	1930 1939	1940 1945	Всего
Число землетрясений	—	2	2	2	1	3	4	10	5	8	19	7	5	20	1	89

Среди этих 89 землетрясений 4 было семибалльных, 7 шестибалльных, 23 пятибалльных, 34 четырехбалльных и 21 трехбалльное (рис. 1). Область распространения каждого из них была весьма небольшой, обычно не выше нескольких тысяч квадратных километров. Наибольшей активностью, в смысле частоты и силы толчков, отличается южное побережье от Сева-

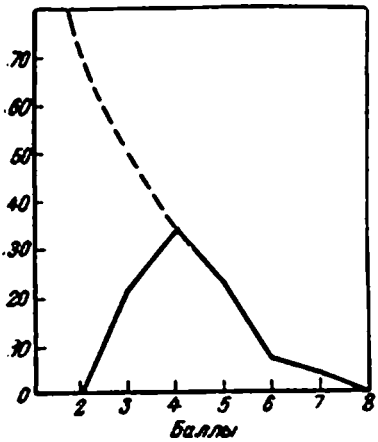


Рис. 1. Распределение землетрясений Крыма по балльности за период 1800—1945 гг. (за исключением 1927—1929 гг.) (составил Г. П. Горшков).

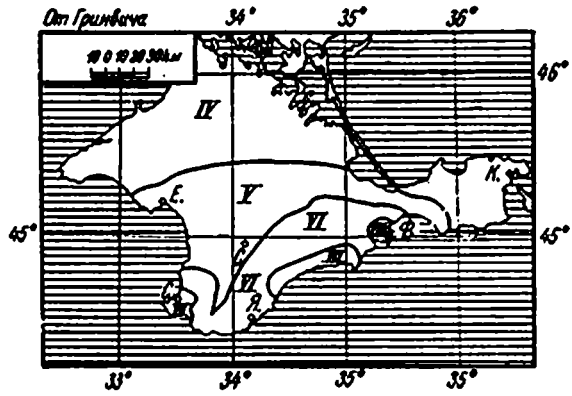


Рис. 2. Сейсмостатистическая карта Крыма (составил Г. П. Горшков по неинструментальным данным за 1800—1945 гг.)

стополя до Феодосии, для которого в среднем получается около 1.5 заметных землетрясений в год (рис. 2).

Число известий о землетрясениях для некоторых населенных пунктов дается в таблице 2.

Таблица 2

Число землетрясений, известных для некоторых пунктов Крыма

Наименование географического пункта \ Балл	3	4	5	6	7	Всего землетрясений
Алупка	2	3	3	1	—	9
Алушта	8	18	5	2	1	34
Бахчисарай	1	7	6	—	—	14
Джанкой	2	—	—	—	—	2
Евпатория	2	2	2	—	—	6
Керчь	1	—	—	—	—	1
Севастополь	1	6	3	1	1	12
Симферополь	17	12	4	—	—	33
Судак	—	2	1	—	2	5
Феодосия	—	5	1	4	1	11
Ялта	12	14	7	4	—	37

Для сравнительно сильных землетрясений (6—7 баллов) обычно имеются сведения из нескольких пунктов и появляется возможность проведения изосейст. Как правило, изосейсмальные зоны оказываются вытя-

нутыми с СВ на ЮЗ, вдоль южного берега. Изосейсты очень сближены близ Феодосии и сильно расходятся в западной части полуострова; таковы, например, землетрясения 11.X 1869, 8.I 1902 (рис. 3), 26.XII 1919 г. На основании анализа изосейст можно предположить, что подавляющее большинство эпицентров находится в море и что некоторые из очагов линейны и отвечают СВ—ЮЗ ориентировке основных тектонических структур горного Крыма.

Форма изосейст показывает, что упругие колебания легко и свободно распространяются вдоль простираний дислоцированных толщ, а также в любом направлении по горизонтальным пластам. Наоборот, следуя вкрест простираний, сейсмический луч встречает массу препятствий в виде наклоненных под разными углами пластов, многочисленных трещин кливажа и сместителей дизъюнктивов, быстро рассеивается и гаснет. Точно так же быстро затухает энергия колебаний в мощных рыхлых толщах. Обе эти причины ведут к сгущению изосейст к СВ от Феодосии; отметим здесь широкое развитие флишевых фаций во всем разрезе от юры до третичных.

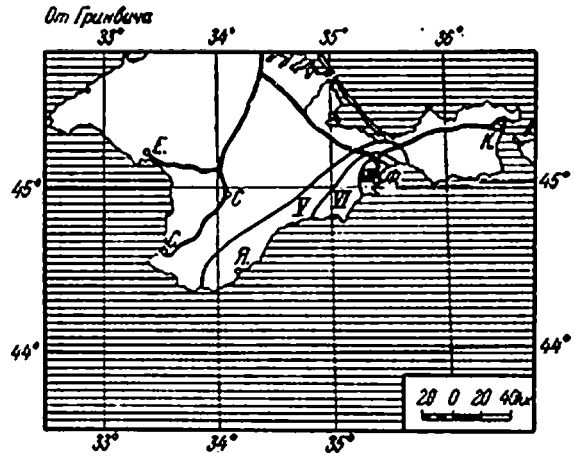


Рис. 3. Изосейсты землетрясения 8.I 1902 г. (составил Г. П. Горшков).

В нашем распоряжении нет данных, которые позволили бы обнаружить связь изосейст с конкретными тектоническими линиями. Нет также и каких-либо других признаков мелкого заложения очагов, и мы принуждены полагать, что основным источником сейсмической активности служат здесь глубокие зоны земной коры. Исключение составляют некоторые землетрясения окрестностей Судака, обладающие меридиональной эпицентральной зоной, например в марте 1923 г. (5—6 на рис. 12), и землетрясения в полосе Симферополь—Алушта, сопровождавшиеся изменениями дебита чатырдагских источников и т. п. (например 8.VII 1900 г., рис. 4). И те и другие можно увязать с активностью крупных поперечных тектонических элементов.

Разрушительные землетрясения 1927 г., 26 июня и 12 сентября, отличались некоторыми особенностями, неизвестными здесь ранее [12]. В первую очередь для обоих характерны весьма обширные размеры потрясенной области—соответственно 400 000 и 1 000 000 км² (рис. 5), что сближает их с крупнейшими сейсмическими событиями других районов. Во-вторых, они отличались большой силой: в некоторых пунктах южного берега отмечен эффект, соответствующий 8-му баллу нормальной шкалы (ОСТ ВКС 4537). Для Крыма это случай беспрецедентный. Наконец, за время с сентября 1927 по сентябрь 1929 г. сейсмическими [1] станциями здесь отмечено 574 повторных толчка (афтершока), постепенно становившихся все более редкими и слабыми (рис. 6).

[1] В 1927 г. толчки регистрировались только метеорологическими станциями Гидрометслужбы Черноморского и Азовского морей.

Еще в 1930 г. Н. В. Райко [10] нашел координаты эпицентров 65 афтершоков, а несколько позже А. Я. Левицкая [6] определила глубины очагов. А. Д. Архангельский [2], используя материалы специальной глубоководной экспедиции, установил связь между эпицентрами и континентальным склоном, в пределах которого он обнаружил признаки недавних тектонических

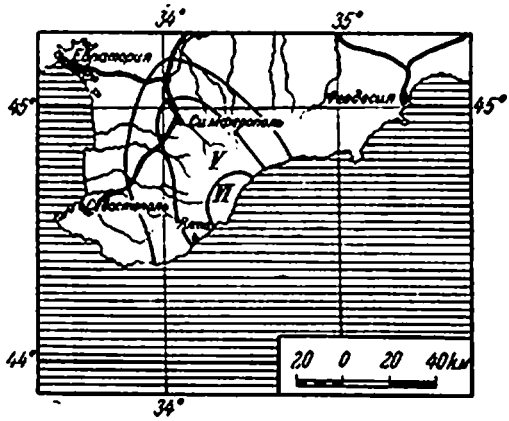


Рис. 4. Изосейсты землетрясения 8.VII 1909 г. (составил Г. П. Горшков).

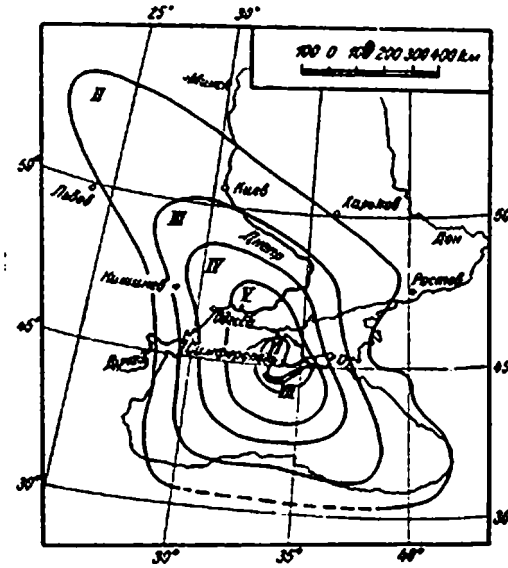


Рис. 5. Изосейсты землетрясения 12.IX 1927 г. (составил А. В. Вознесенский).

подвижек—слои с *Dreissensia*, мидиевый ил и галечники мелководных фаций опущены местами на сотни метров, в пределах склона отсутствуют современные иловые накопления, в некоторых кернах обнаружены следы зеркал скольжения и т. п. А. Д. Архангельский полагал, что континентальный склон соответствует системе продольных,

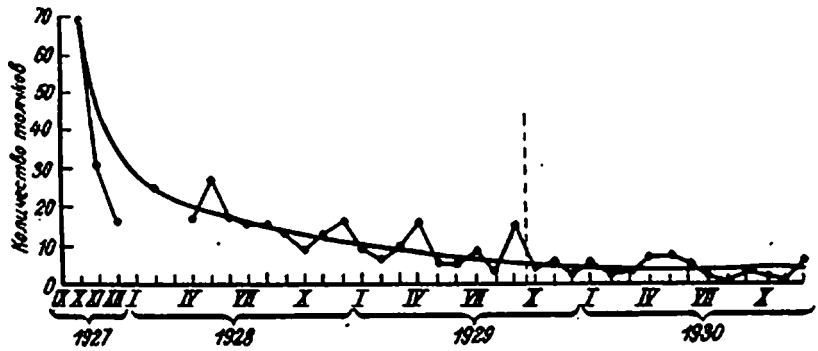


Рис. 6. Афтершоки крымского землетрясения 12.IX 1927 г. (по инструментальным наблюдениям).

а местами и поперечных сбросов, вдоль которых происходит опускание южного и поднятие северного крыла всей структуры. Мы имеем «полное основание думать», пишет А. Д. Архангельский «что движения продолжаются и в настоящее время и что именно ими обусловливаются крымские землетрясения».

С тех пор прошло 18 лет. Регулярная работа сейсмических станций и новые, более строгие методы анализа сейсмограмм привели к получению новых и притом более высокой точности сведений. Сейсмограммы крымских станций, в виду близости очагов, отличаются весьма резкими вступлениями (рис. 7). В целях исключения погрешностей, вызываемых неравномерностью хода хронометров, представляется целесообразным использование метода К. Вадати [13]. Этот метод, в сочетании с другими, был использован А. Я. Левицкой при обработке сейсмограмм за 1928—1938 гг. Всего за этот период крымскими станциями отмечено 2 740 землетрясений, из которых 615—местные, крымские. Распределение их по годам указано в таблице 3 и на рис. 8.

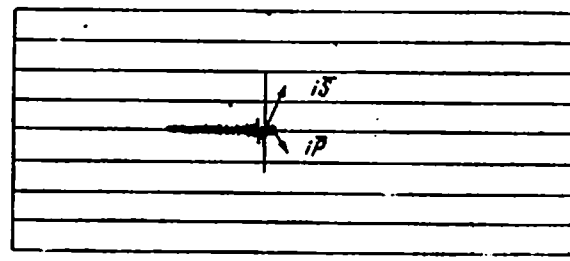


Рис. 7. Сейсмограмма землетрясения 7.VII 1932 г., сейсмическая станция «Ялта», составляющая N—S (прибор системы П. М. Никифорова).

Таблица 3

Число крымских землетрясений, отмеченных сейсмическими станциями

Год	1928 (март—декабрь)	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	Всего
Число землетрясений	146	87	39	62	28	24	63	52	42	24	48	615

В 1945 г. А. Я. Левицкая определила координаты 116 эпицентров и глубины очагов 45 из них. В работе были использованы новые годографы, составленные ею же для Крыма [7].

Картина распределения найденных эпицентров представляет выдающийся интерес (рис. 9). Все эпицентры ложатся в пределах моря, между меридианами 33°.9 E и 34°.6 E, т. е. к ЮВ от Ялты, с тем, что большая

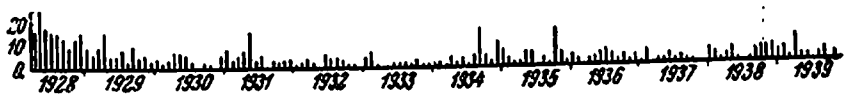


Рис. 8. Частота крымских землетрясений с 1928 по 1938 г. по материалам региональных станций (составила А. Я. Левицкая).

часть их находится в зоне изобат 200—1 500 м, т. е. в полосе континентального склона[1]. Любопытна цепочка эпицентров на меридиане Сименза (3—3 на рис. 12); на берегу ей соответствует крупная линия разрыва (см. тектоническую карту М. В. Муратова [8]). Интересна также группа мелких очагов южнее Алушты, они находятся на продолжении активной сейсмической полосы Симферополь—Чатырдаг—Алушта—Аюдаг и своим

[1] На рис. 12 эпицентральная зона обведена замкнутой линией неправильных очертаний.

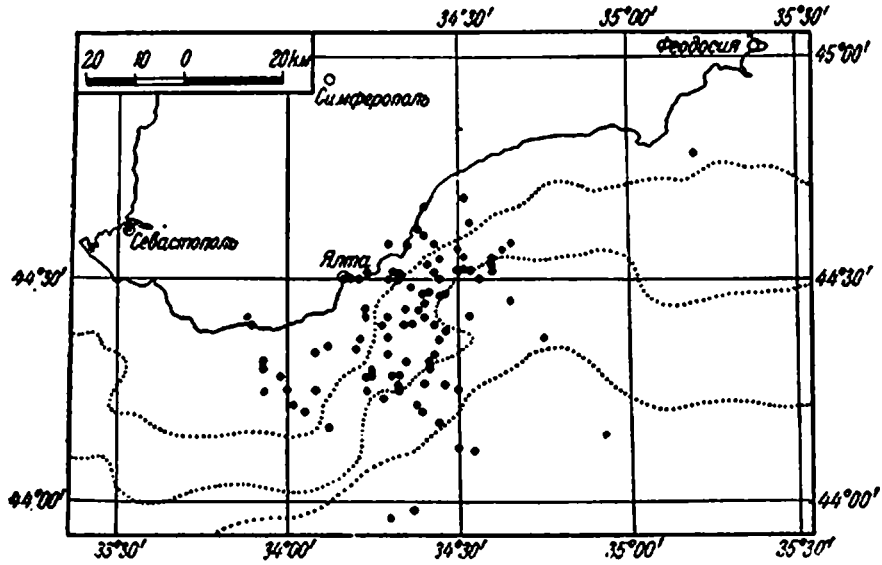


Рис. 9. Эпицентры крымских землетрясений с 1928 по 1941 г. (составила А. Я. Ловицкая).

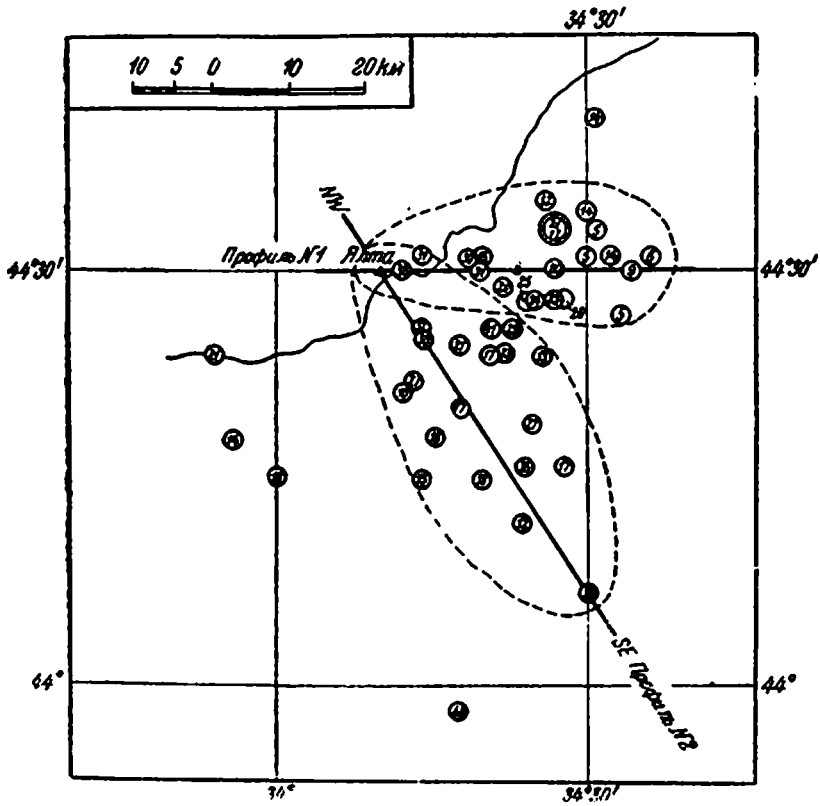


Рис. 10. Гипоцентры крымских землетрясений 45 очагов с 28.V 1928 г. по 22.II 1941 г. (по А. Я. Ловицкой).
Цифры в кружках указывают глубины очагов в километрах.

существованием подтверждают ее значение. Геологически этой линии соответствуют крупные меридиональные сдвиги и сбросы, ограничивающие Бабуган-яйлу, Чатырдаг, Салгирский грабен, а также многочисленные выходы магматических пород, в том числе лакколит Аюдага (4—4 на рис. 12).

Однако самой знаменательной особенностью является необычайная концентрация очагов, аналога которой мы не найдем в других местах Черного моря. Такая тесная локализация эпицентров находит себе объяснение при анализе глубины очагов. Приводим карту размещения очагов и два профиля через Ялту—широтный для северной группы очагов и в направлении СЗ—ЮВ—для южной (рис. 10 и 11). Направления профилей взяты вкрест простирания Крымского антиклинория. Как видно, глубина очагов растет в направлении с ЮВ на СЗ. Очаги лежат в пределах широкой полосы, соответствующей близ поверхности дна континентальному склону (штриховка на рис. 10) и уходящей в глубь коры, под массив горного Крыма, до глубины 30—40 км, с наклоном к СЗ под углом около 60°. Лишь два глубоких очага из всех 45 выпадают из рамок этой зоны. Геологически такая полоса соответствует скорее системе надвигов (а не сбросов, как предполагалось ранее), по которым западная часть Крымского антиклинория надвигается к югу, в соответствии с общим изгибом континентальной ступени и в согласии со смещением оси антиклинория (6—6 на рис. 12) между Чатырдагом и Бабуган-яйлой. Фиксируемая таким путем активная сейсмотектоническая зона ограничена как с запада, так и с востока упоминавшимися поперечными тектоническими линиями. Именно здесь, на значительных глубинах, порядка 10—40 км, локализуются, развиваются и время от времени разрешаются в форме землетрясений тектонические напряжения, сопровождающиеся надвигами юго-западных частей Крымского антиклинория на юг, в сторону погружающейся впадины Черного моря. Континентальный склон в этой концепции оказывается граничной линией, интегральным сместителем фокальной надвиговой зоны с тем, что детали его строения связаны, быть может, с подводными оползаниями крупного масштаба. Описанные элементы сейсмотектоники изображены графически на прилагаемой сейсмотектонической схеме (рис. 12).

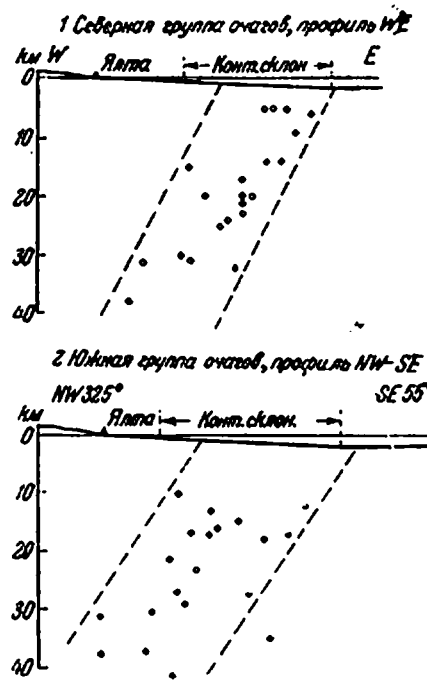


Рис. 11. Профили через фокальную область Крыма (составил Г. П. Горшков по материалам А. Я. Левицкой).

На основании обработки всех материалов неинструментального характера, описанных выше данных инструментальных наблюдений и соображений сейсмогенетического порядка, Г. П. Горшковым составлена карта сейсмического районирования Крыма (рис. 13). Карта несколько отлична от аналогичных карт В. В. Попова [9], Б. Аблаева [1] и других.

Зона возможного 8-балльного эффекта сокращена в площади и сохранена лишь для полосы развития таврической свиты южного берега, в пределах которой сочетается ряд условий, неблагоприятных в смысле усиления сейс-

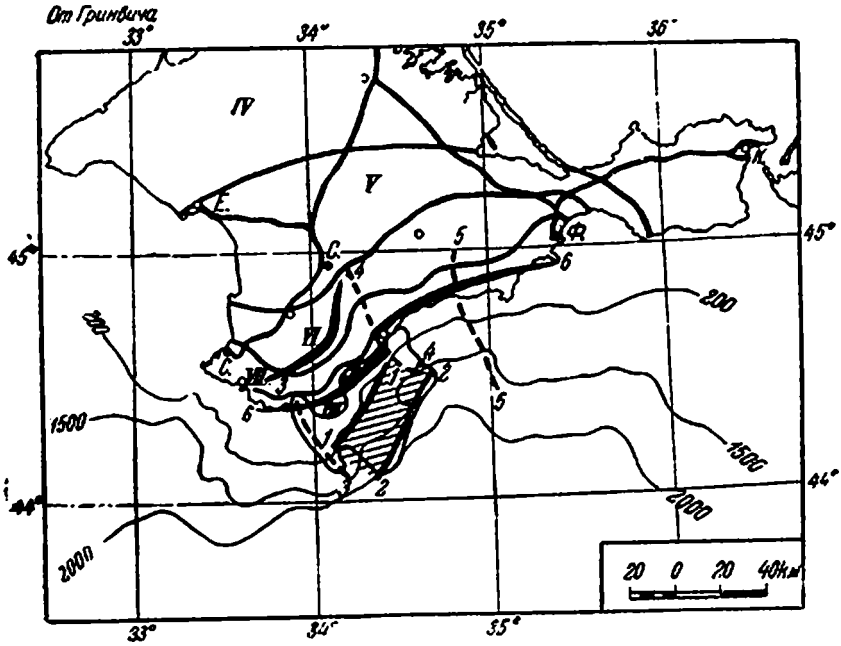


Рис. 12. Схема сейсмотектоники Крыма (составил Г. П. Горшков, 1946).

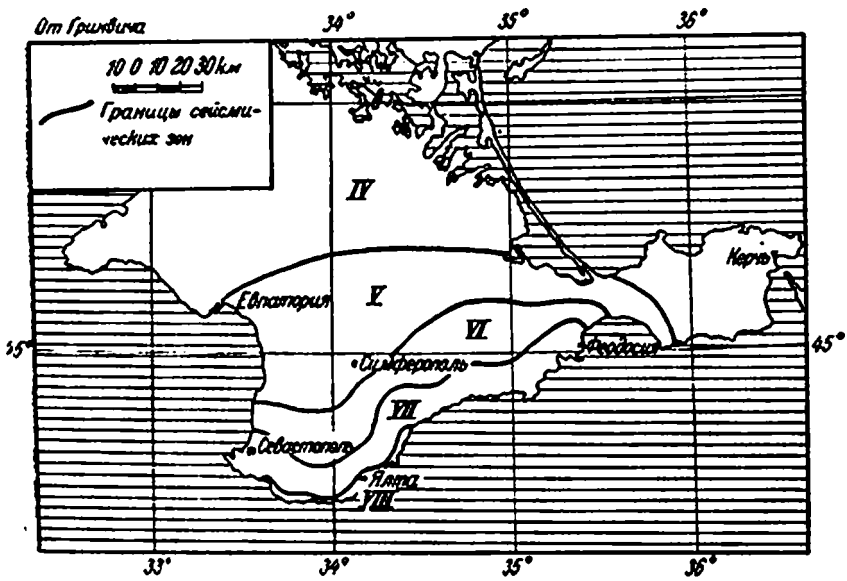


Рис. 13. Схема сейсмического районирования Крыма (составил Г. П. Горшков, 1946).

моэффекта на поверхности. Расчетная балльность для Севастополя снижена до 7 баллов. В то же время Феодосия включена в 7-балльную зону (вместо прежних 6).

В заключение приводим список некоторых пунктов Крыма с указанием для них расчетной балльности:

8б. 250—500 мм/сек.²—Алупка, Алушта, Балаклава, Гурзуф, Симеиз, Ялта.

7б. 101—250 мм/сек.²—Севастополь, Судак, Феодосия.

6б. 51—100 мм/сек.²—Бахчисарай, Карасубазар, Старый Крым.

5б. 25—50 мм/сек.²—Евпатория, Сарабуз, Симферополь.

4б. и ниже—вся северная половина степного Крыма и Керченский полуостров.

Приводим список 45 эпицентров, составленный А. Я. Левицкой, для которых вычислена глубина очага.

№ п/п.	Дата землетрясения	Географические координаты		Глубина залегания очага	№ п/п.	Дата землетрясения	Географические координаты		Глубина залегания очага
	1928					1930			
1	28.V	44°3 N	34°30′E	5	30	29.III	44°16′N	34°28′E	17
2	1.VIII	44 28	34 24	25	31	5.VII	44 26	34 21	41
3	1.VIII	44 28	34 25	24		1931			
4	10.IX	44 31	34 32	14	32	14.III	44 07	34 30	30
5	13.X	44 24	34 26	13	33	25.IV	44 24	34 22	23
6	24.X	44 33	34 31	5		1932			
7	16.XI	44 28	34 27	23					
8	16.XI	44 33	34 22	21	34	17.II	44 21	34 12	10
9	7.XII	44 24	34 21	17	35	3.VI	44 30	34 12	38
10	8.XII	44 26	34 23	29	36	1.VII	44 31	34 14	31
11	22.XII	44 22	34 13	27	37	7.VII	44 20	34 18	17
12	26.XII	44 29	34 22	20		1933			
13	27.XII	44 33	34 27	17					
14	27.XII	44 30	34 27	20	38	7.XII	44 30	34 20	31
	1929					1934			
15	5.I	44 15	34 00	18	39	14.I	44 18	33 56	14
16	7.I	44 31	34 19	30	40	26.XII	44 18	34 15	16
17	19.I	44 25	34 14	30		1935			
18	18.II	44 31	34 20	15					
19	24.II	44 24	33 54	21	41	10.II	44 41	34 31	14
20	24.II	44 25	34 18	21		1936			
21	17.III	43 58	34 18	40					
22	23.III	44 30	34 30	9	42	29.XII	44 27	34 33	5
23	2.IV	44 35	34 26	32		1937			
24	12.IV	44 28	34 28	20	43	23.VII	44 26	34 14	37
25	12.IV	44 34	34 30	14		1939			
26	25.IV	44 19	34 25	27					
27	25.IV	44 15	34 20	18	44	13.I	44 31	34 36	6
28	22.IX	44 12	34 24	12		1941			
29	4.XI	44 15	34 14	15	45	22.II	44 16	34 24	35

ЛИТЕРАТУРА

1. Аблаев Б. Карта сейсмического районирования Крымской АССР. масштаб 1 : 400 000. Изд. Госпроекта Крым. АССР.

2. Архангельский А. Д. Причины крымских землетрясений и геологическое будущее Крыма. Бюлл. МОИП, отд. геологич., т. VII, № 1—2, 1929.

3. Бюллетени крымских сейсмических станций за 1928—1938 гг. Изд. Сейсмологического института АН СССР (СИАН).
4. Возносенский А. В. Землетрясение 1927 г. в Крыму. Природа, № 12, 1927.
5. Каталог землетрясений Крыма—карточки основного хронологического и алфавитного каталогов. Фонды СИАН СССР.
6. Левицкая А. Я. О глубине залегания очагов крымских землетрясений. Тр. СИАН СССР, № 60, 1935.
7. Левицкая А. Я. О крымских землетрясениях. Фонды СИАН СССР, 1945.
8. Муратов М. В. Основные черты тектоники Крымского полуострова. Бюлл. МОИП, отд. геологич., т. XV, № 3, 1937.
9. Попов В. В. Каталог землетрясений Крыма с 1908 по 1936 г. Тр. СИАН СССР, № 39 (Каталог землетрясений на территории СССР, вып. 1), 1940.
10. Райко Н. В. Эпицентральная зона крымских землетрясений. Тр. СИАН СССР, № 3, 1930.
11. Смирнов М. В. Каталог землетрясений в Крыму. Изд. О-ва по изучению Крыма, Симферополь, 1931.
12. Черноморские землетрясения 1927 г. и судьбы Крыма. Сборник статей, Крымгосиздат, 1927.
13. Wadati K. Shallow and deep earthquakes. Geograph. mag., vol. 1, No. 4, 1927.

Certain Data Concerning Seismotectonics of the Crimea

G. P. Gorshkov and *A. J. Levitskaya*

Summary

The epicentres of the Crimean earthquakes lie south of the peninsula On the south shore the intensity of earthquakes reaches 7—8 international units. Isoseisms extend along the strike of the main folded structures from NE to SW. The foci are stated at the depths reaching about 40 km and are located along a definite focal surface sinking under the structures of the main anticlinorium, with the dip about 60° to the northwest. Such a focal surface corresponds to a system of big overthrusts along which the north limb of the main anticlinorium moves on the sinking portions of the south limb lying under the sea level. Both geological and seismic data indicate the important significance of certain transverse tectonic directions, especially along the line Alushta—Simpheropol. Into the Kertch peninsula the earthquakes almost do not penetrate, which is explained by the influence of the thick beds of loose Mesozoic (flysch) and Tertiary deposits; there are no local foci here. On the scheme of seismic regions of the Crimea the south shore from cape Laspi to Alushta is referred to the zone with the intensity of 8 units; the stripe from Sebastopol to Theodosia—the zone of 7 units. The plain part of the Crimea lies within the zones of 6 and 5 units.