

1. Оскорбин Л.С., Урбан Н.А., Пивеев М.В. и др. Землетрясения Сахалина // Землетрясения в СССР в 1982 году. М.: Наука, 1985. С. 74-77.
2. Архангельский В.Т., Веденская Н.А., Гайский В.И. и др. Руководство по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Ч. 2. 183 с.

УДК 550.348.436 (571.645 + 265.53)

А.Н. Бойчук, Н.А. Миталева

Землетрясения Курило-Охотского региона

В 1984 г. в регионе зарегистрировано 646 землетрясений с магнитудой $M \geq 4,0$ ($K \geq 9$). Основные данные о них вошли в каталог, где сильные землетрясения с $M \geq 5,5$ ($h \leq 200$ км) и $M \geq 5,5$ ($h > 200$ км) пронумерованы в хронологическом порядке. Таких землетрясений 16, сильнейшее из них имело $M \geq 7,5$.

Пространственное расположение курило-охотских землетрясений с классификацией по магнитуде и глубине приведено на рис. 1. Оно соответствует характерной особенности распределения гипоцентров в системе островных дуг [1].

Анализируя распределение числа землетрясений по глубине (табл. 1), можно отметить, что 60% всех землетрясений произошло в слое глубин 30-40 км, т.е. вблизи границы Мохоровичича. Число землетрясений с $h \leq 80$ км составляет 82%. Такое распределение по глубине сопоставимо со статистическими значениями в регионе [1]. Однако по сравнению с 1979-1983 гг. в 1984 г. процент неглубоких землетрясений возрос, а соответствующая доля землетрясений на глубинах более 80 км уменьшилась до 18% (табл. 2). Наблюдаемый факт обусловлен, по-видимому, спадом пятитетней сейсмической деятельности очага сильного землетрясения 31 декабря 1978 г. в проливе Екатерины.

Из табл. 2 видно, что по общему числу событий 1984 год сопоставим с другими годами, когда сейсмичность характеризовалась средним уровнем активности. Но по количеству вывобожденной сейсмической энергии данный год превосходит предыдущие. Повышение активности в регионе связано с усилением сейсмической деятельности района Малой Курильской гряды.

Таблица 1

Распределение курило-охотских землетрясений по глубине очага

H, км	Число землетрясений	H, км	Число землетрясений	H, км	Число землетрясений
0-10	5	121-130	12	281-290	3
11-20	5	131-140	8	291-300	1
21-30	148	141-150	9	311-320	1
31-40	232	151-160	1	381-390	1
41-50	51	161-170	3	401-410	2
51-60	33	171-180	2	411-420	2
61-70	32	181-190	2	501-510	1
71-80	24	191-200	3	521-530	1
81-90	14	201-210	2	531-540	3
91-100	15	211-220	1	541-550	1
101-110	12	241-250	1	571-580	1
111-120	11	251-260	3	581-590	1

Рис. 2. Карта изосейст землетрясения 22 декабря 1984 г.

1 - эпицентр землетрясения; 2 - балльность; 3 - изосейста

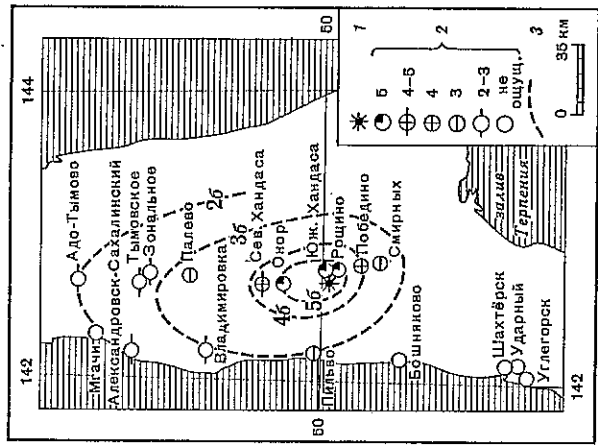
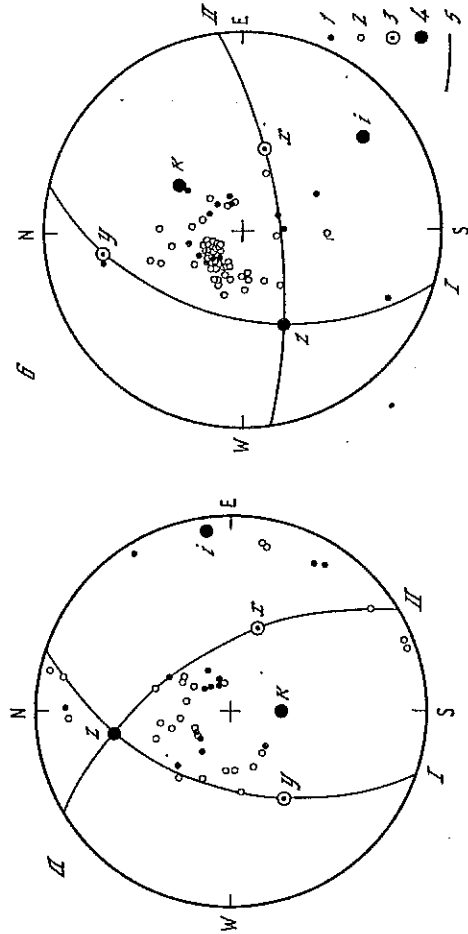


Рис. 3. Механизмы очагов сахалинских землетрясений 2 апреля в 20 ч 04 мин (а) и 22 декабря в 00 ч 00 мин (б)

1 - волна сжатия; 2 - волна разрежения; 3 - ось подвижки; 4 - ось главных напряжений (i - сжатия, k - растяжения, z - промежуточного); 5 - nodальная плоскость



Это землетрясение также произошло в условиях горизонтально ориентированного напряжения сжатия и круто ориентированного напряжения растяжения, что определило взбросоцентрированный характер подвижки в его очаге.

Заливы Анива и Терпения (рис. 1, № 5), а также район восточной части Южного Сахалина (рис. 1, № 6) представлены минимальным числом землетрясений (по два в каждом районе) с $K \leq 7,2$.

В проливе Лаперуза отмечено четыре глубоководных толчка. Их гипоцентры располагались в диапазоне глубин 300-350 км. Наиболее сильное землетрясение ($M \geq 5,5$) произошло 13 июля в 14 ч 44 мин в 35 км южнее мыса Анива.

Сейсмоактивность Хабаровского приграничного района (рис. 1, № 7) и в этом году оставалась невысокой, самым значительным событием было землетрясение 10 января в 06 ч 34 мин ($K = 8,2$).

Некоторые характеристики сейсмического режима Курило-Охотского региона за 1979-1984 гг.

Год	Число землетрясений в интервалах глубин, %		Общее число землетрясений N	Максимальная магнитуа MLH ($h \leq 80$)	Суммарная сейсмическая энергия ΣE , 10^{15} Дж
	$h \leq 80$	$h > 80$			
1979	77	23	553	5,7	0,04
1980	76	24	531	7,1	2,9
1981	78	22	557	6,7	1,1
1982	79	21	611	7,2	7,1
1983	78	22	589	6,6	2,0
1984	82	18	645	7,5	11,4

Для высокоактивного слоя глубин 0-80 км был рассчитан график повторяемости курило-охотских землетрясений:

$$\lg N = 6,54 - 1,07 M (\delta \lg N = \pm 0,3),$$

где N - число землетрясений данной магнитуды M , изменяющейся от 4 до 6,25 с шагом $\Delta M = 0,25$. Коэффициенты этого уравнения совпадают с соответствующими значениями уравнения за 1983 г. [2].

Для 14 курило-охотских землетрясений удалось определить механизмы очагов землетрясений (см. каталог дополнительных параметров очагов землетрясений). Решения находились на ЭВМ, по данным о знаках первых вступлений P -волн, записанных региональными станциями и взятыми из сейсмологических бюллетеней сети станций СССР, США и Японии.

Рассмотрим более детально сейсмическую активность внутри каждого из восьми районов Курило-Охотского региона (рис. 2, табл. 3).

Парамуширский район (рис. 1, № 1) в 1984 г. представлен 65 землетрясениями, которые происходили на глубинах до 120 км, о 13 из них имеются макросейсмические сведения. Эпицентры наиболее сильных землетрясений ($MLH > 4,5$) образовали предельную группу в районе восточнее Онекотана. Их гипоцентры располагались на глубинах 50-80 км. Наибольшая магнитуа $MLH = 4,8$ отмечена для землетрясения 12 января в 01 ч 30 мин на глубине $h = 60$ км. Землетрясение имело максимальный в районе макросейсмический эффект, который на м. Васильева оценивается в 5 баллов, а в г. Северо-Курильске - в 3-4 балла. По данным о механизме очага землетрясение произошло в условиях близгоризонтально ориентированных напряжений растяжения и крутых нажатых сжатия, что определило сбросово-сдвиговые движения в очаге. Ориентация главных шпокостей совпадает с протяженностью тектонических структур.

Гистограмма распределения сейсмических событий во времени (см. рис. 2) отражает неравномерный процесс их возникновения.

Онекотан-Матуанский район (рис. 1, № 2) в сейсмическом отношении был более активным. Здесь зарегистрировано 82 землетрясения с гипоцентрами на глубинах до 208 км. Эпицентры концентрировались группами: восточнее Онекотана, в центральной

части, а очаги глубоких землетрясений тяготеют к шельфу островов на юге района. Четыре землетрясения имели $MLH \geq 5,5$. Сильнейшее произошло 17 ноября в 10 ч 21 мин с $MLH = 6,0$ на глубине $h = 45 \pm 6$ км (рис. 1, № 12). Макросейсмических сведений о нем не имеется. Второе сильное землетрясение с $MLH = 5,8$ (рис. 1, № 3) наблюдалось 21 марта в 02 ч 44 мин на глубине $h = 67 \pm 5$ км. Интенсивность проявления землетрясения на островах Парамушир и Матуа оценивается в 3-4 балла, на о-ве

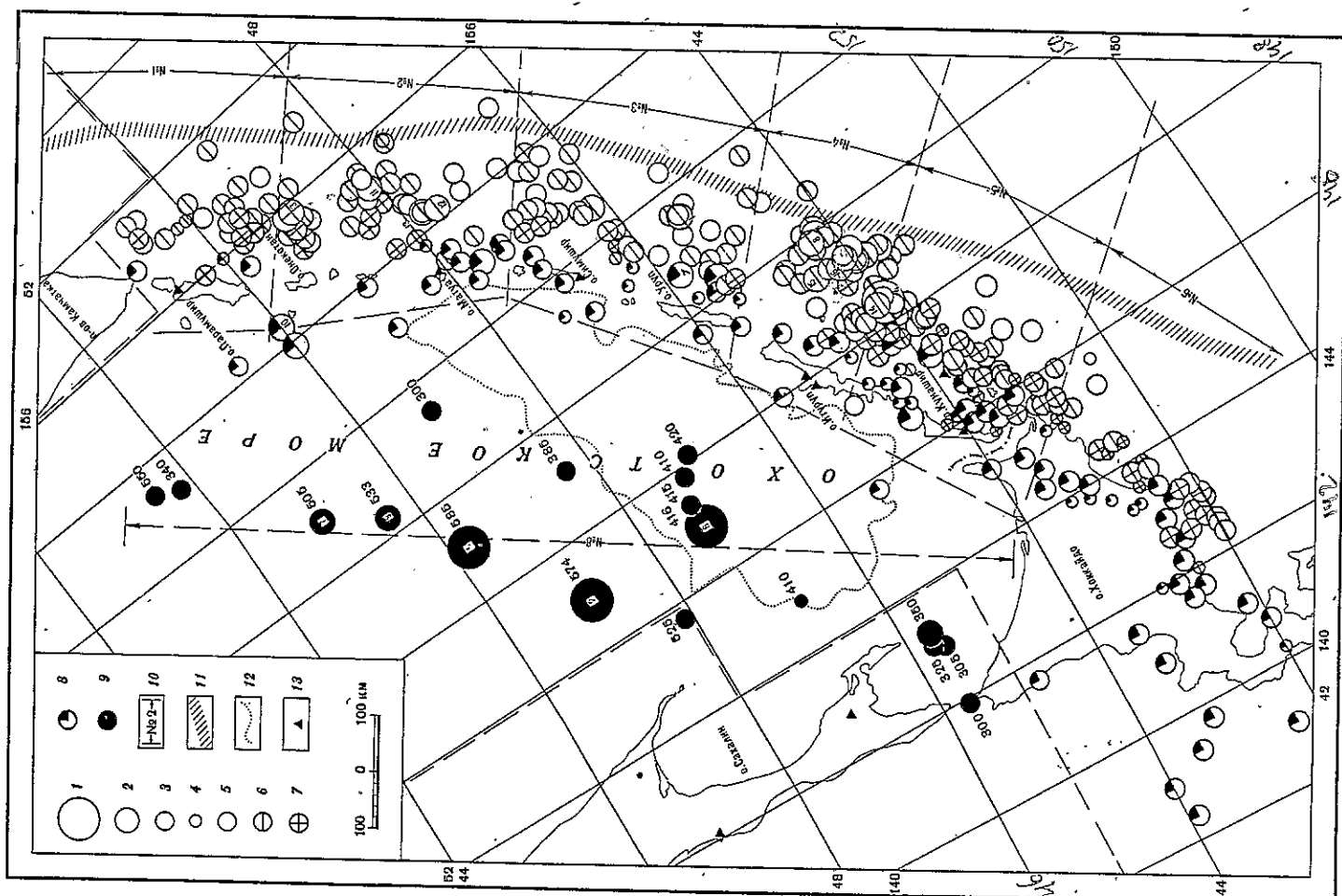


Рис. 1. Карта эпицентров курило-охотских землетрясений с $MLH, MSH \geq 4$ ($K \geq 9$). Классификация по магнитуде и энергетическому классу: 1 - $MLH, MSH \geq 6,5$; 2 - $5,25 \leq MLH, MSH < 6,5$; 3 - $4,25 \leq MLH, MSH < 5,25$; 4 - $MLH, MSH \leq 4$ ($K = 9$) (цифры внутри кружков согласно каталогу для $MLH, MSH \geq 5,5$). Глубина очага, км: 5 - $h \leq 30$; 6 - $31 < h \leq 60$; 7 - $61 < h \leq 90$; 8 - $91 < h \leq 300$; 9 - 300 (цифры около эпицентра обозначают глубину); 10 - граница сейсмоактивного района; 11 - ось глубоководного Курило-Камчатского желоба; 12 - контур глубоководной Южно-Охотской котловины; 13 - сейсмическая станция

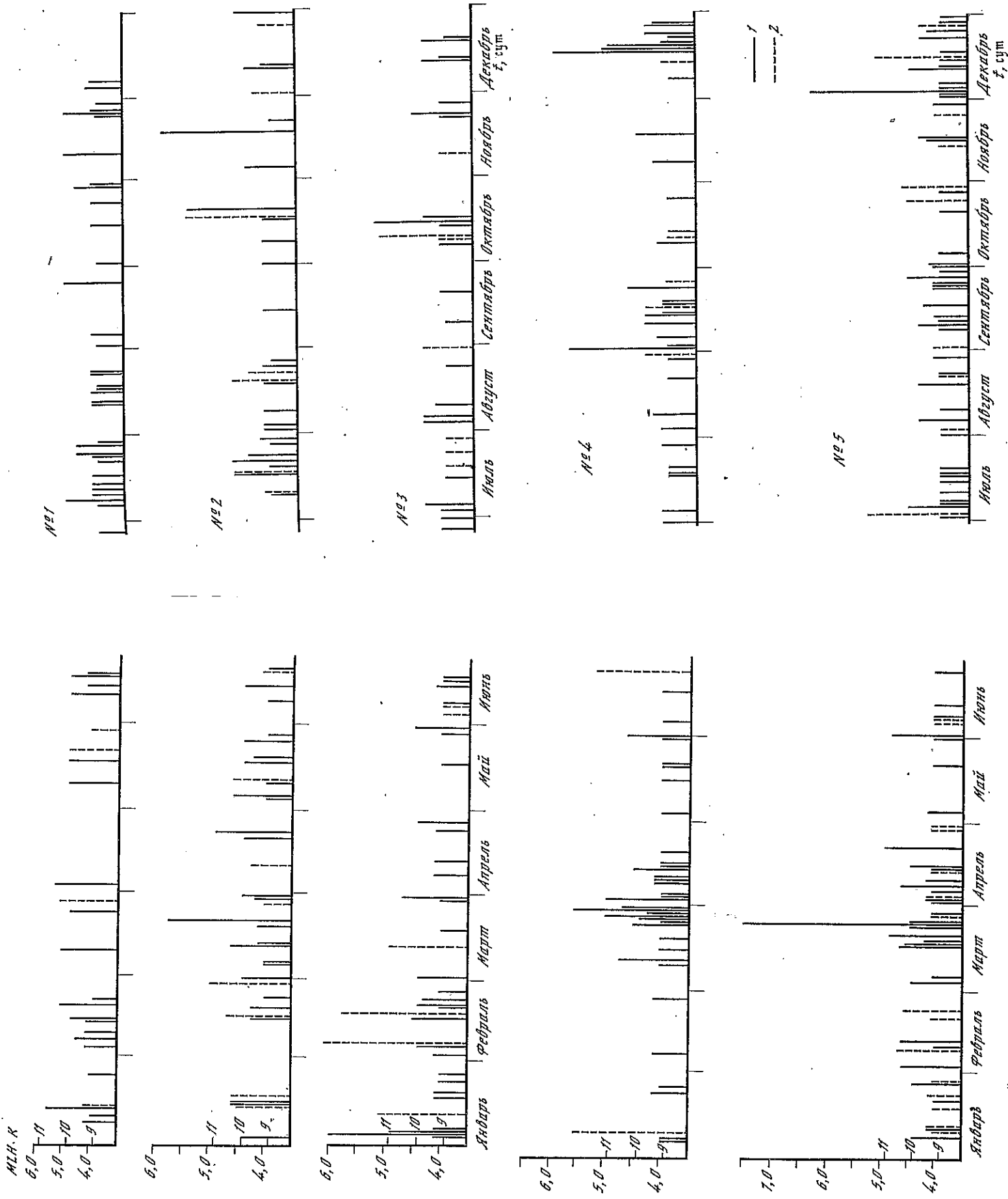


Рис. 2. График хода во времени сейсмического процесса для районов № 1-5, выделенных на рис. 1
 1 - землетрясения с глубиной очага $h \leq 80$ км; 2 - то же с $h > 80$ км

Распределение землетрясений и макросейсмического эффекта по глубинам

№ района	Глубина, км	Число землетрясений	Всего в районе	Число опущенных землетрясений	Максимальный балл	Максимальная магнитуда (M, MSH)
1	1-30	26	65	13	5	4,3
	31-80	36				4,8
2	81-120	3	81	9	4	4,6
	1-30	32				5,5
	31-80	34				6,0
	81-208	15				5,0
3	1-30	25	85	7	3	4,5
	31-80	46				6,0
4	81-200	14	187	9	5	5,4
	1-30	37				5,5
	31-80	144				6,1
	81-180	7				5,5
5	1-30	32	139	35	5	4,4
	31-80	78				7,5
6	81-164	29	65	1	2-3	4,3
	1-30	6				4,5
7	81-220	24	6	-	-	5,2
	150-540	6				5,9
8	250-585	18	18	2	3	7,0

Шумлу — в 2-3 балла. По данным о механизмах очагов напряженное состояние в очагах сильных землетрясений сходно: оси напряжений сжаты почти горизонтально и имеют субширотное направление, оси растяжений наклонены под различными углами к горизонту в субмеридиональном направлении. Подвижки в плоскостях разрывов имели характер взбросовдвиг.

Ход сейсмического процесса в течение года был неравномерным (рис. 2, № 2), периоды запыления сменялись всплесками сейсмической активности. Наиболее активным по времени был март месяц.

В Симушир-Урупском районе (рис. 1, № 3) отмечено 85 землетрясений на глубинах 10-200 км, о семи из них имеются макросейсмические сведения. Территориально землетрясения распределились неравномерно. Выделяется совокупность эпицентров восточнее Урупа и восточнее Симушира. Наибольшая магнитуда ($MLH = 6,0$) отмечена для землетрясения 4 января в 22 ч 40 мин. Его гипоцентр находился в 120 км восточнее Урупа на глубине $h = 37 \pm 4$ км (рис. 1, № 1). Имеется сообщение о его проявлении на острове интенсивностью 2 балла. Согласно данным о механизме очага землетрясение происходило в условиях близгоризонтально ориентированного напряжения сжатия субмеридионального направления. Ось растягивающего напряжения более наклонна к горизонту. Одна из плоскостей разрыва — круглая — простиралась вдоль островных структур, в ней преобладала подвижка по падению. Вторая — пологая — ориентирована вкрест Курильских островов, в ней преобладала сдвиговая подвижка.

Для других землетрясений Симушир-Урупского района значения магнитуд не превышали $MLH \leq 5,5$. Для семи из них определены механизмы очагов, пять из которых имеют схожий с вышеописанным тип механизма.

В течение года сейсмические события происходили неравномерно (рис. 2, № 3). В январе, феврале они наблюдаются часто, затем до конца года — отдельными актами.

Сейсмичность Северо-Итурупского и Кунашир-Шикотанского районов (рис. 1, № 4 и 5) в 1984 г. объединена общим событием. На границе районов 24 марта в 09 ч 44 мин произошло сильнейшее землетрясение года с $MLH = 7,5$. Глубина его очага, определенная с привлечением 62 глубинных фаз при запаздываниях $RP-R = 11 \pm 14$ с и $sP-R = 16 \pm 20$ с, равна $h = 42 \pm 5$ км. Землетрясение вызвало макросейсмический эффект и слабое цунами. На ближайших островах Шикотан, Кунашир, Итурупинтенсивность сотрясений оценивается в 4-5 баллов, а на о-ве Хоккайдо — в 2-3 балла. По наблюдениям гидрометслужбы на побережье Кунашира изменение уровня моря составило 13 см по данным, взятым из Сейсмологического бюллетеня Японского метеорологического агентства в Немуро (о-в Хоккайдо, наблюдалась приливная волна в 14 см. Землетрясение возникло на фоне роя землетрясений с энергетическим классом $K = 9 \div 10$. За основным последовали повторные землетрясения, которые наблюдались до конца года. Возникнув в юго-западной части очага сильное землетрясение 1978 г. [3], очаг землетрясения 24 марта формировался в широтном направлении к Курило-Камчатской впадине. Формирование произошло в несколько этапов (рис. 1, 2, № 4 и 5). Землетрясения, последовавшие сразу за основным, к маю практически прекратились, а 1 сентября в 17 ч 05 мин на западном крае очаговой области произошло сильное ошутимое землетрясение ($MLH = 5,8$; $h = 49 \pm 2$ км) с серией повторных землетрясений. Третий период в развитии очага приходится на декабрь. Землетрясения 3 декабря в 04 ч 08 мин ($MLH = 6,4$; $h = 53 \pm 40$), 17 декабря в 23 ч 30 мин ($MLH = 6,1$; $h = 39 \pm 3$ км) и в 23 ч 57 мин ($MLH = 6,1$; $h = 37 \pm 4$ км) завершили формирование очага. По данным о механизме очагов 20 афтершоков можно заключить, что в очаговой области землетрясения 24 марта действовали близгоризонтальные напряжения сжатия, большинство которых направлены поперек островных структур. Подвижки в плоскостях разрывов представлены взбросовдвигами. Механизмы очагов трех землетрясений с $MLH > 6$ имеют общий элемент: близвертикальная плоскость разрыва простиралась вдоль островов, в движении преобладает взбросовая компонента. Вторая плоскость разрыва в ориентации менее устойчива.

В Кунашир-Шикотанском районе, помимо землетрясения 24 марта, наблюдались землетрясения, эпицентры которых плотно расположились вниз по Малой Курильской дуге. При этом землетрясений с глубиной очага $h > 80$ км здесь отмечено больше, чем в любом другом сейсмоактивном районе (см. рис. 1, табл. 3).

Заметно снижена активность в области очага глубоководного землетрясения 31 декабря 1978 г. Из пяти землетрясений, отмеченных в проливе Екатерины, наиболее сильное имело магнитуду $MSH = 5,2$. Как видно из рис. 2, сейсмические события в Кунашир-Шикотанском районе возникали часто, отражая высокую активность за счет сильных землетрясений в марте и декабре.

В районе о-ва Хоккайдо зарегистрировано 65 землетрясений. Их гипоцентры вытянулись полосою вдоль восточного побережья Хоккайдо, образуя на юго-востоке острова значительное скопление на глубинах 75-210 км. В этой группе 6 марта в 14 ч 55 мин наблюдалось наиболее сильное землетрясение с $MLH = 5,2$ ($MSH = 6,4$) и глубиной залегания $h = 107 \pm 10$ км. Землетрясение ошутилось, и его интенсивность на островах Кунашир и Шикотан оценивается в 2-3 балла.

В очаге этого землетрясения по расчетным данным о механизме очага наблюдалась сбросовдвиговая подвижка. Меньший угол с горизонтом составляет ось напряжения растяжения, направленную субмеридионально. Одна из плоскостей разрыва почти вертикальна и имеет субширотное простирание с падением на север. Другая плоскость разрыва — пологая — ориентирована с северо-запада на юго-восток.

В районе Японского моря и, как продолжение фокальной зоны, в Приморье отмечено шесть глубоководных землетрясений (см. табл. 3, № 7). Из них пять произошло в акватории Японского моря на глубинах 150-290 км, магнитуда землетрясений не превышает значения $MSH = 5,1$.

На территории советского Приморья 15 апреля в 07 ч 34 мин зарегистрировано землетрясение с $MSH = 5,9$ ($MLH = 4,6$) на глубине $h = 540 \pm 6$ км (на рис. 1 оно за пре-

делами карты). По результатам счета его механизма очага одна плоскость разрыва, вертикальная, имеет простирание почти на север, другая, менее крутая, имеет субширотную протяженность. Характер подвижки — взбрососдвиг.

Сейсмичность Охотского моря представлена группой из 18 землетрясений собственного региона и 4-землетрясений в Анивском заливе из региона Сахалина (рис. 1, № 8). Их гипоцентры находились в диапазоне глубин $h = 250 \div 585$ км.

Очаги самых глубоких ($h > 416$ км) и самых сильных землетрясений ($MSH > 5,5$) расположились цепью на центральной территории Охотского моря. Сильнейшее из них произошло 1 февраля в 07 ч 28 мин с магнитудой $MSH = 7,0$ ($M_LH = 6,2$) на глубине $h = 574$ км (рис. 1, № 2). Имеются сведения о проявлении этого землетрясения на островах В г. Улгеторске на Сахалине оно ощущалось как 3-балльное, на островах Кунашир и Шикотан — как 2-балльное. Согласно данным о механизме очага подвижки в очаге имели взбрососдвиговый характер.

Для четырех охотоморских землетрясений получены данные о механизме их очагов. Но преимущественный тип подвижек не выделяется: наблюдались и сбрососдвиги, и взбрососдвиги. Общим элементом характеристик очагов является наличие одной крутой плоскости разрыва с простиранием с северо-востока на юго-запад.

Резюмируя результаты изучения сейсмической обстановки в Курило-Охотском регионе в 1984 г., можно отметить следующие основные ее черты.

1. Высокая активность отмечается восточнее Южных Курильских островов. Этот район на протяжении ряда лет определяет сейсмичность Курильских островов в целом. Активность же, которая наблюдалась в районе Южных Курил на промежуточных глубинах и определялась длительной деятельностью очага землетрясения 31 декабря 1978 г., в 1984 г. пошла на убыль.

2. В очагах курило-охотских землетрясений преобладали взбрососдвиговые дислокации, обусловленные действием близгоризонтальных напряжений сжатия и более крутых напряжений растяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тараканов Р.З., Ким Чун Ун, Сухомлинова Р.И. Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Наука, 1977. С. 67–75.
2. Бойчук А.Н., Милалева Н.А. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1983 г. М.: Наука, 1986. С. 84–91.
3. Полаевская Л.Н., Бойчук А.Н. Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1978 году. М.: Наука, 1982. С. 61–68.

УДК 550.348.436 (571.66)

В.М.Зобин, Е.И.Гордеев, Е.И.Иванова, В.П.Митяжкин,
Л.Г.Синельникова, В.Н.Чиркова

Землетрясения Камчатки и Командорских островов

Аппаратура и методика обработки материалов наблюдений

В 1984 г. детальные сейсмологические наблюдения на Камчатке и Командорских островах продолжались в рамках Опытно-методической сейсмологической партии Института вулканологии ДВНЦ АН СССР. Данные о региональной сети сейсмических станций и сети станций сильных движений приведены в статьях за 1980 и 1981 гг. [1, 2]. Полное описание сети станций сильных движений в 1982–1984 гг. следующее.

В Камчатской области на станциях мыс Крутлый, Березовая, Жуланово, мыс Кроноц-