

4. Голыцин Б.Б. К вопросу об определении азимута эпицентра землетрясений. — Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 231–241.
5. Тараканов Р.З. Географы волн P и $S-P$ и скоростной разрез верхней мантии Земли: по данным наблюдений над курило-японскими землетрясениями. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1965, № 7, с. 90–101.
6. Введенская Н.А. Выделение волн P на записях глубоких землетрясений Средней Азии. — Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, 1956, № 36 (163), с. 25–34.
7. Кондорская И.В. Выделение волн sP при неглубоких землетрясениях и ее использование для определения глубины очага. — Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, 1956, № 36 (163), с. 35–47.
8. Руководство по производству и обработке наблюдений группы сейсмических станций. М.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 26–30.
9. Поплавская А.А., Поплавская Л.Н., Катанина Л.И. Определение глубины очага близкого подкорового землетрясения. — В кн.: Обработка сейсмологических наблюдений и поиск предвестников землетрясений на Дальнем Востоке. Владивосток, 1978, с. 34–43.
10. Поплавская А.А., Поплавская Л.Н., Катанина Л.И. Оценка точности определения глубин очагов дальневосточных землетрясений методом производной. — Вулканология и сейсмология, 1981, № 5, с. 74–81.
11. Соловьева О.Н., Соловьев С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных курило-охотских землетрясений. — В кн.: Проблема цунами. М.: Наука, 1968, с. 75–97.
12. Соловьева О.Н., Соловьев С.Л. Амплитудные кривые волн P , P_n и S_n неглубокофокусных тихоокеанских землетрясений на расстояниях 2–40°. — In: Vorgänge des Sortologer vulkanischen 4 subcommission von K.A.P.G. Br., 1970.
13. Соловьева О.Н. Определение магнитуды глубокофокусных землетрясений. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1978, № 1, с. 25–35.
14. Соловьев С.Л., Соловьева О.Н. Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных курило-камчатских землетрясений на расстояниях до 17°. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1967, № 1, с. 37–60.
15. Соловьев С.Л., Соловьева О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой курильских землетрясений. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1967, № 2, с. 13–23.
16. Анжичин В.Д., Соловьев С.Л. Скорость колебания земной поверхности в короткопериодных продольных волнах неглубокофокусных курильских землетрясений. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1969, № 1, с. 13–21.
17. Анжичин Ж.Я., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И. и др. Массовое определение механизмов землетрясений на ЭВМ. — В кн.: Теория и анализ сейсмологических наблюдений. М.: Наука, 1979, с. 45–59. (Вычисл. сейсмология; Вып. 12).
18. Назорных Т.В., Поплавская Л.Н., Рудик М.И. и др. Землетрясение и цунами 23 февраля 1980 г. — Наст. сборник.

УДК [550.348.436+550.344.42] (571.645)

Т.В. Назорных, Л.Н. Поплавская, М.И. Рудик, М.Е. Кузнецов, К.И. Нелоп
Землетрясение и цунами 23 февраля

23 февраля 1980 г. в 05 ч 51 мин Гринвичского времени восточнее о-ва Шикотан произошло землетрясение, макросейсмический эффект которого на этом острове достигал 6–7 баллов. Землетрясение сопровождалось слабыми волнами цунами.

Инструментальные данные о землетрясении, полученные разными сетями сейсмических станций и службами (см. таблицу), свидетельствуют о том, что очаг его находился вблизи подошвы земной коры, а магнитуда была близка к пороговой цунамипопасной. Землетрясение сопровождалось сериями повторных толчков. К концу декабря 1980 г. их насчитывалось 163 с $M \geq 4$. Афтershоки первых суток (рис. 1, а) образовали эпицентральною область, ориентированную вкrest простирания Малой Курильской гряды. Эта ориентация сохранилась и для всей эпицентральной области (рис. 1, а) в целом. Очаг главного землетрясения находился в середине эпицентральной области (рис. 1), очаги афтershоков, происшедших вблизи шельфовой зоны, были более глубокими, чем толчки с эпицентрами юго-восточнее основного землетрясения.

89

Район о-ва Хоккайдо (рис. 1, № 6) был в 1980 г. самым спокойным по сравнению с другими эпицентральною районами. Большая часть землетрясений происходила вблизи юго-восточного побережья этого острова на глубинах $H = 60 \div 90$ км. Все самые сильные землетрясения о-ва Хоккайдо были глубокофокусными. Из них наиболее значительными оказались землетрясения 21 января в 21 ч 06 мин с $H = 130$ км и $M_{SH}^{СКД} = 5,7$ и толчок 8 августа в 22 ч 07 мин с $H = 200$ км и $M_{SH}^{СКД} = 5,4$.

Для землетрясений о-ва Хоккайдо также характерны взбросодвиговые дислокации. Для некоторых землетрясений этого района главные действующие напряжения сжатия были ориентированы перпендикулярно основному структурам, для других же — под некоторым углом к ним. Оси главных напряжений растяжения ориентировались вдоль островной дуги, в некоторых же случаях — под небольшими углами к ее простиранию. Из полученных данных о механизме очагов и ориентации осей главных действующих напряжений можно сделать вывод о том, что очаги о-ва Хоккайдо находились под преобладающим воздействием близгоризонтальных напряжений сжатия, что и определило характер дислокаций в них.

В Охотском море удалось определить эпицентры 32 землетрясений. Большая часть из них отмечалась у северо-западной границы Южно-Охотской котловины на глубинах 300–500 км. Сильнейшими были толчки 11 декабря в 22 ч 53 мин с $H = 460$ км и $M_{SH}^{СКД} = 5,8$ и 22 декабря в 20 ч 31 мин с $H = 480$ км и $M_{SH}^{СКД} = 6,0$. В центральной части Южно-Охотской котловины произошло землетрясение 4 марта в 08 ч 21 мин с $H = 290$ км и $M_{SH}^{СКД} = 5,4$.

Среди сильнейших событий было землетрясение 10 июня в 23 ч 13 мин, происшедшее в центральной части Охотского моря на глубине $H = 550$ км с $M_{SH}^{СКД} = 6,1$, а также толчок 20 июля в 12 ч 08 мин с эпицентром в северо-восточной части Охотского моря, являвшийся очаг на глубине $H = 510$ км и $M_{SH}^{СКД} = 5,3$.

Удалось определить механизм очагов лишь двух землетрясений этого района, которые произошли в условиях близгоризонтально ориентированных напряжений сжатия и более крутых напряжений растяжения. Результаты определения механизма очагов показывают, что одна из возможных плоскостей разрыва имеет меридиональное простирание, вторая из возможных подальных плоскостей ориентирована с северо-востока на юго-запад.

Резюмируя результаты изучения сейсмической обстановки в Курило-Охотском регионе в 1980 г., необходимо отметить следующие основные ее черты.

1. Наибольшая активность отмечается восточнее Южных Курильских островов в Слмушир-Урульском, Северо-Итурульском и Кунашир-Шикотанском районах на глубинах $H = 30 \div 50$ км.
2. Во всех районах Курило-Охотского региона наблюдалась значительная активность на глубинах $H > 80$ км.
3. В очагах курило-охотских землетрясений преобладали взбросодвиговые дислокации, обусловленные действием близгоризонтальных напряжений сжатия и более крутых напряжений растяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сейсмологический бюллетень Дальнего Востока, 1980. Новоалександровск: СахКНИИ, 1982, вып. 1–4, с. 450.
2. Сасорова Е.В., Крайцев Г.Л., Поплавская Л.Н. и др. Программа и некоторые результаты определения эпицентров курило-охотских землетрясений на ЭВМ "Мягск-22". — В кн.: Алгоритмы интерпретации геофизических данных. Владивосток, 1976, с. 5–14. (Тр. СахКНИИ ДВНЦ АН СССР; Вып. 44).
3. Архангельский В.Т., Введенская 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, с. 22–24.

88

Основные параметры землетрясения 23 февраля

Источник	Время ч мин с	γ° с.ш.	λ° в.д.	h, км	M
Сейсмологический бюллетень Японии	05 51 05	43,4	146,6	30	6,8
Сейсмологический бюллетень США	05 51 03	43,5	146,8	44	7,0
Сейсмологический бюллетень СССР	05 51 12	44,7	146,1	64	7,2
Сейсмологический бюллетень Дальнего Востока	05 51 03	43,4	146,8	38	7,1

Изучаемая серия афтершоков была сравнительно короткой, ход сейсмического процесса во времени был неравномерным. Афтершоковая деятельность практически закончилась в первой декаде апреля. График повторяемости афтершоков имеет вид:

$$\lg N = 5,5 - 0,94M (\pm 0,16),$$

где N — число толчков данной магнитуды M , которая меняется от 4 до 6,3 с шагом $\Delta M = 0,25$.

Макросейсмические данные о землетрясении 23 февраля довольно скудны. Фактические сведения о проявлении этого землетрясения имеются лишь с близлежащих островов (рис. 2). Наибольший макросейсмический эффект отмечался на о-ве Шикогаи, где сотрясения, вызванные землетрясением, достигали 6–7 баллов. В Южно-Курильске землетрясение проявилось с интенсивностью 6 баллов, продолжительно — 30–45 с.

Группа судов, находившихся в районе эпицентра землетрясения, отмечала серию сильных ударов в корпус. Заметный макросейсмический эффект имели 39 афтершоков, макросейсмическая интенсивность при этом не превышала 4 баллов.

Данные о цунами систематизированы в Сахалинском управлении Госкомгидромета. Слабые цунами с первой приливной волной зарегистрированы мареографными установками на Южных Курильских островах (рис. 3), при этом максимальные наблюдаемые цунами не превышали 16 см. В Малокурильске время добегания первой волны составляло 17 ч 20 мин, $A_1 = 4$ см, $A_{\max} = 16$ см, в п. Буревестник — 17 ч 42 мин, $A_1 = 4$ см, $A_{\max} = 6$ см, в Южно-Курильске — 17 ч 57 мин, $A_1 = 5$ см, $A_{\max} = 11$ см.

Южно-Сахалинской сейсмической станцией объявлялась тревога цунами по Южному и Центральным Курильским островам. Однако визуально изменений колебаний уровня моря не было отмечено. Японским метеорологическим агентством тревога цунами объявлялась по Тихоокеанскому побережью о-ва Хонсю. Слабое цунами было зарегистрировано мареографом на м. Немуро.

Механизмы очага главного толчка и 12 его афтершоков (см. рис. 2, а и 4) определены по программе [1], используемой знаки первых смещений в волне P . В качестве решения о механизме очага для обоих возможных положений ноцальной плоскости выдана 85%-ная достоверная область существования каждой из этих плоскостей и соответствующая им 85%-ная достоверная область существования осей главных действующих напряжений. В каталоге дополнительных параметров приведены по две ноцальные плоскости, ограничивающие эту достоверную область.

В очаге главного толчка одна из возможных плоскостей разрыва была ориентирована вдоль островной дуги с падением под углом 57° . Из решения следует, что по разрыву произошел взбросо-дви, при этом континентальное крыло раз-

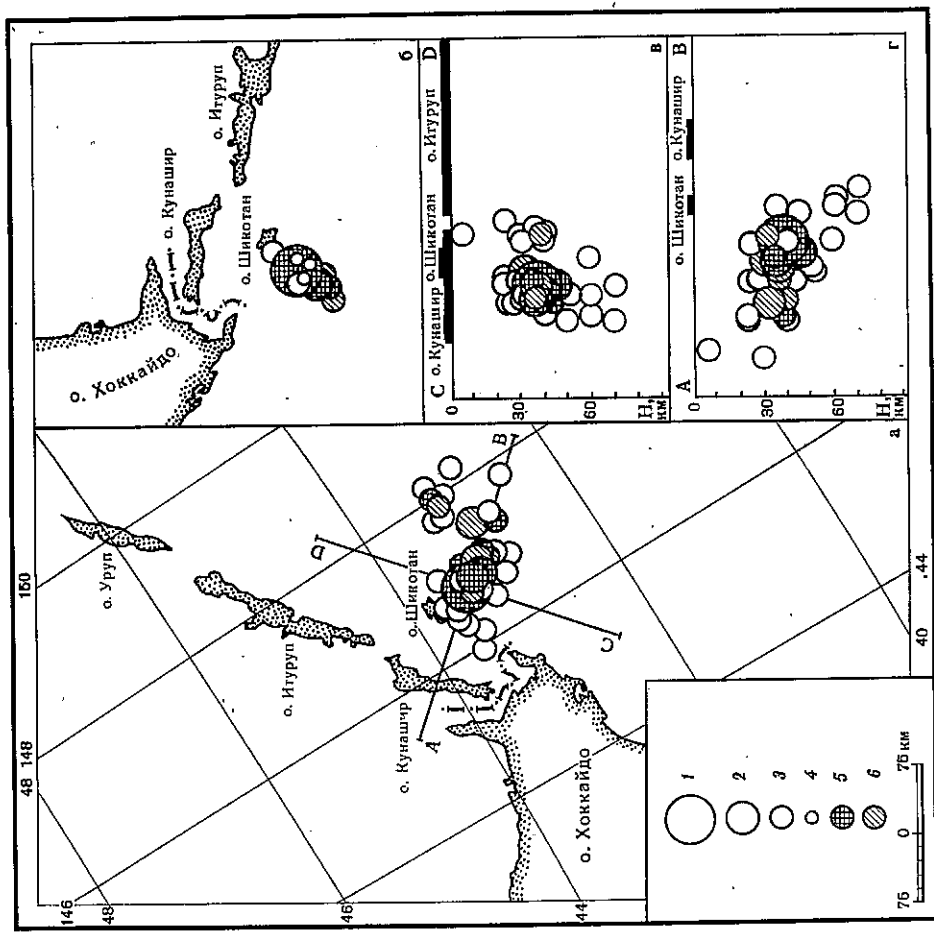


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясения 23 февраля и его афтершоков

Классификация по магнитуде: 1 — $6,5 \leq M < 7,5$; 2 — $5,25 \leq M < 6,5$; 3 — $4,25 \leq M < 5,25$; 4 — $M < 4,25$; 5 — кодажные плоскости островной дуги с правосторонними сдвигами; 6 — то же, с левосторонними сдвигами; а — общая схема эпицентральной области и положение вертикальных проекций очаговой области на плоскостях АВ и CD; б — эпицентральная область афтершоков первых суток с момента возникновения главного толчка; в — проекция гипоцентра на вертикальную плоскость, ориентированную вдоль островной дуги; г — проекция гипоцентра на вертикальную плоскость, ориентированную ортогонально направлению островной дуги

рыва поднялось относительно океанского и переместилось на северо-восток. Вторая из возможных плоскостей разрыва была ориентирована субширотно. Для нее характерна также взбросо-двиговая подвижка. Ось главного напряжения сжатию почти горизонтальна и ориентирована ортогонально направлению островных структур. Напряжение растяжения в очаге главного толчка имело широкое распространение с падением под углом 73° . Промежуточное напряжение имело близгоризонтальное распространение и было направлено вдоль островных структур. В очагах повторных толчков напряжения сжатию были ориентированы ортогонально направлению островных структур. Напряжения растяжения в большинстве афтершоков были ориентированы вкосо по направлению основных структур.

Для многих афтершоков, составивших вместе с главным толчком центральную часть области очага землетрясения исследуемой серии, промежуточное напряжение было ориентировано вдоль островной дуги, однако в юго-восточной части этой об-

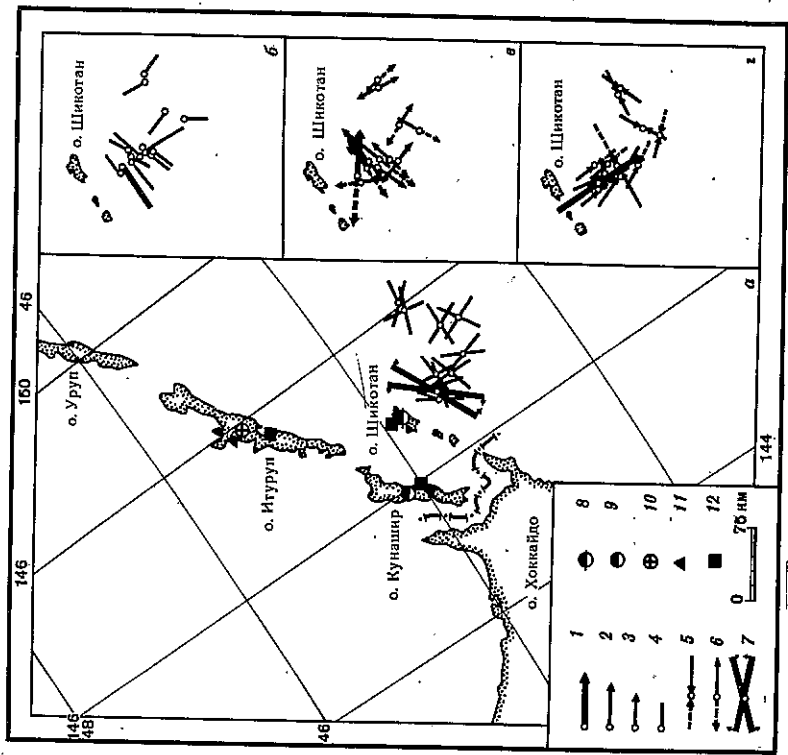


Рис. 2. Механизм очага и положение осей действующих напряжений в очаге землетрясения 23 февраля и его афтершоков
 1-4 — то же, что на рис. 1; 5, 6 — оси главных действующих напряжений сжатия и растяжения соответственно; 7 — просиживание nodальных плоскостей; 8-10 — макросейсмический эффект землетрясения 23 февраля; 11 — сейсмическая станция; 12 — мареографные установки; а — механизм очага главного землетрясения и его афтершоков; б — положение осей промежуточных напряжений; в — то же, осей напряжения растяжения; г — то же, осей напряжения сжатия

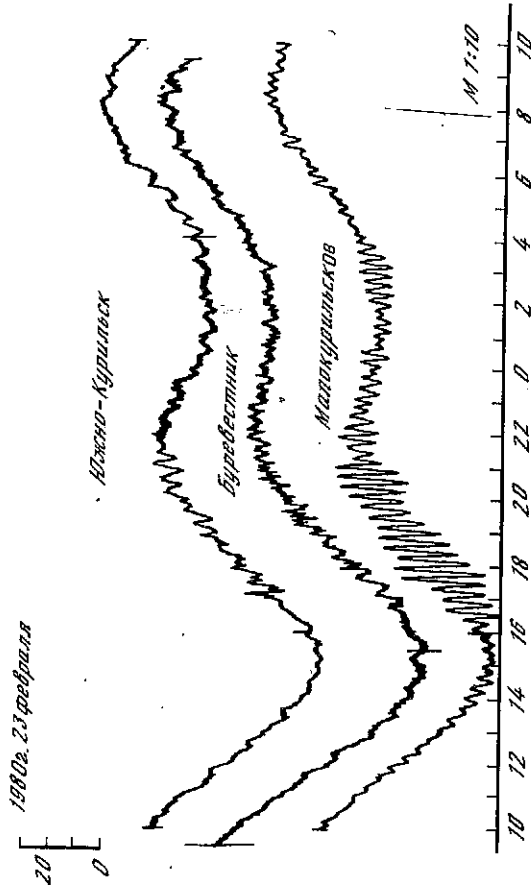


Рис. 3. Мареограмма с записью цунами 23 февраля 1980 г.

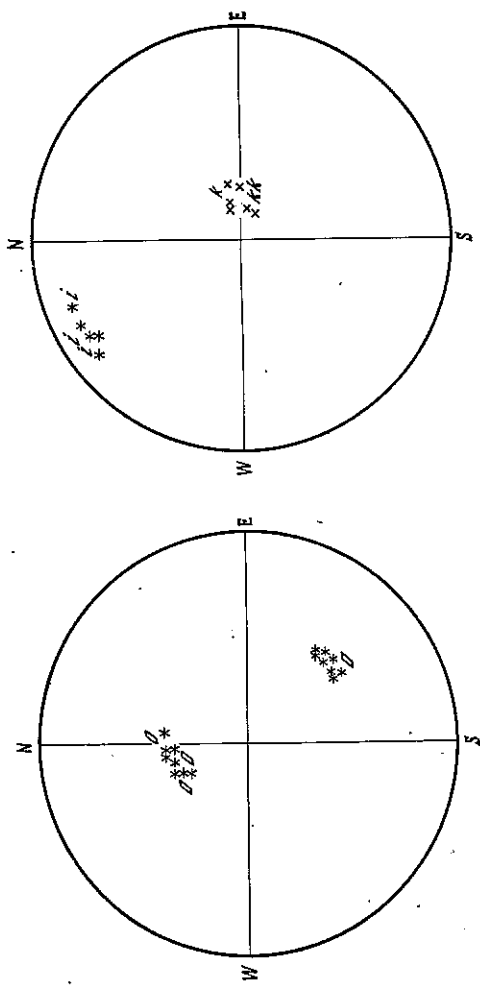


Рис. 4. Механизм очага главного толчка и положение осей напряжений сжатия и растяжения

ласти эти напряжения существенно меняют свою ориентацию (см. рис. 2, б-г) на ортогональную.

Сравнительный анализ характера подвижек в очагах повторных толчков показывает, что для тех из них, у которых механизм очага подобен главному землетрясению, характерны правосторонние сдвиги по плоскостям, ориентированным вдоль островной гряды. В других же афтершоках происходили левосторонние сдвиги по подобным же плоскостям. Встречный характер движения наблюдается и по вторым из возможных плоскостей разрыва.

Как видим (см. рис. 1, б-г), движения, встречные относительно движений в очаге главного толчка, более характерны для окраинных участков гипоцентральной области исследуемой серии землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аптекман Ж.А., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И. и др. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ. — В кн.: Теория и анализ сейсмологических наблюдений. М.: Наука, 1979, с. 45-59. (Вычисл. сейсмология; Вып. 12).