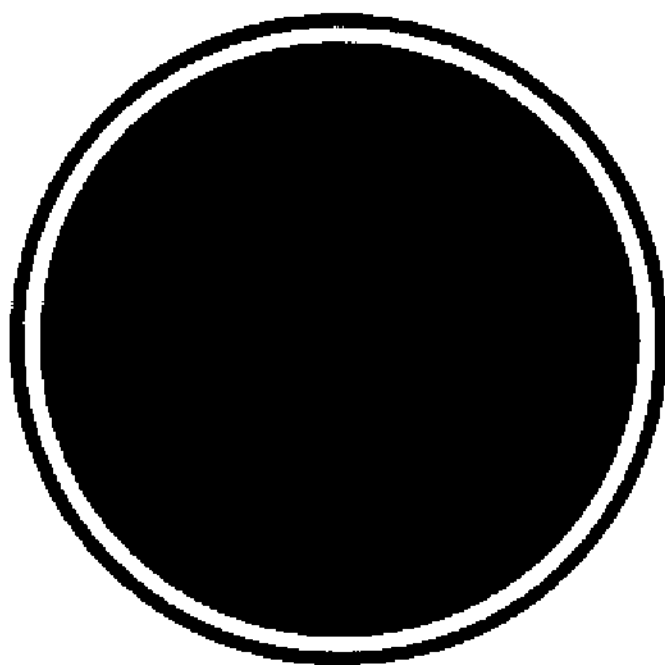


21

ISSN 0203-0306

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ВУЛКАНОЛОГИЯ
И
СЕЙСМОЛОГИЯ



5 · 1996

УДК 550.348

© 1996 г. ВИКУЛИН А.В.

**ЮЖНО-КУРИЛЬСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 4 ОКТЯБРЯ 1994 г.
КАК ПРЕДВЕСТНИК СИЛЬНЕЙШЕГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
НА ЮГЕ КАМЧАТКИ¹**

На основании полученных автором данных о скоростях миграции очагов тихоокеанских сильнейших землетрясений и периоде их повторения, установленных на различных масштабных уровнях (глобальном – окраина Тихого океана и локальном – северные Курилы – Камчатка), показано, что Южно-Курильское землетрясение 4.X 1994 г. с $M \approx 8$ является предвестником Южно-Камчатского сильнейшего ($M \geq 7,6$) землетрясения, которое, как можно полагать, должно произойти в конце XX – начале XXI столетия.

SOUTH KURIL EARTHQUAKE OF OCTOBER 4, 1994 AS A PRECURSOR OF A GREAT EARTHQUAKE IN SOUTHERN KAMCHATKA, by V i k u l i n A.V. The velocities of epicenter migration derived by this author for great Pacific earthquakes and their reперат times at different scales (global for the Pacific belt and local for the northern Kurils – Kamchatka area) show that the south Kuril $M = 8$ earthquake of October 4, 1994 is a precursor of a great ($M = 7.6$) event expected to occur in southern Kamchatka sometime in the latest 20th of early 21st century.

(Received October 25, 1995)

Technique Testing Seismological Team, Institute of Volcanology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia

4 октября 1994 г. на южных Курилах произошло землетрясение с $M \approx 8$, которое на о-ве Шикотан сопровождалось сотрясениями до 9 и, возможно, более баллов. Это землетрясение является самым сильным в регионе после Итурупского землетрясения в марте 1978 г. с $M = 8$.

Согласно предварительным данным, представленным Обнинским сейсмологическим центром, главный толчок 4.X 1994 г. и его афтершоки первой недели, два из которых имели $M = 7,7$, расположены на северо-восток от о-ва Шикотан в той части сейсмофокальной зоны, прилегающей к малой Курильской дуге (рис. 1), которая "разрешена" долгосрочным сейсмическим прогнозом С.А. Федотова [11, 12]. Это указывает на то, что очаг землетрясения 4.X 1994 г. заполнил сейсмическую брешь и, следовательно, само землетрясение относится к классу событий, названных сильнейшими [3, 4].

Имеющиеся данные о миграции сильнейших землетрясений и их повторяемости позволяют предположить, что землетрясение 4.X 1994 г. ($M \approx 8$) с очагом на южных Курилах является предвестником будущего сильнейшего землетрясения на юге Камчатки.

Миграция и повторяемость сильнейших землетрясений вдоль окраины Тихого океана [3–6, 8]. Исследования, проведенные на сейсмологическом материале северо-западной окраины Тихого океана, включающей следующие друг за другом Японскую, Курило-Камчатскую и Алеутскую островные дуги, показали существование класса землетрясений, названных сильнейшими, очаговые области которых в пространстве и во времени располагаются вполне определенным образом.

¹ Печатается в порядке дискуссии (примеч. научного редактора).

Рис
гист
тря
с М
при

ка
М
сл
ти
Ку
ос

щ
Ск
да
од

ок
се
не
вр
бу
эт
да

пр
от

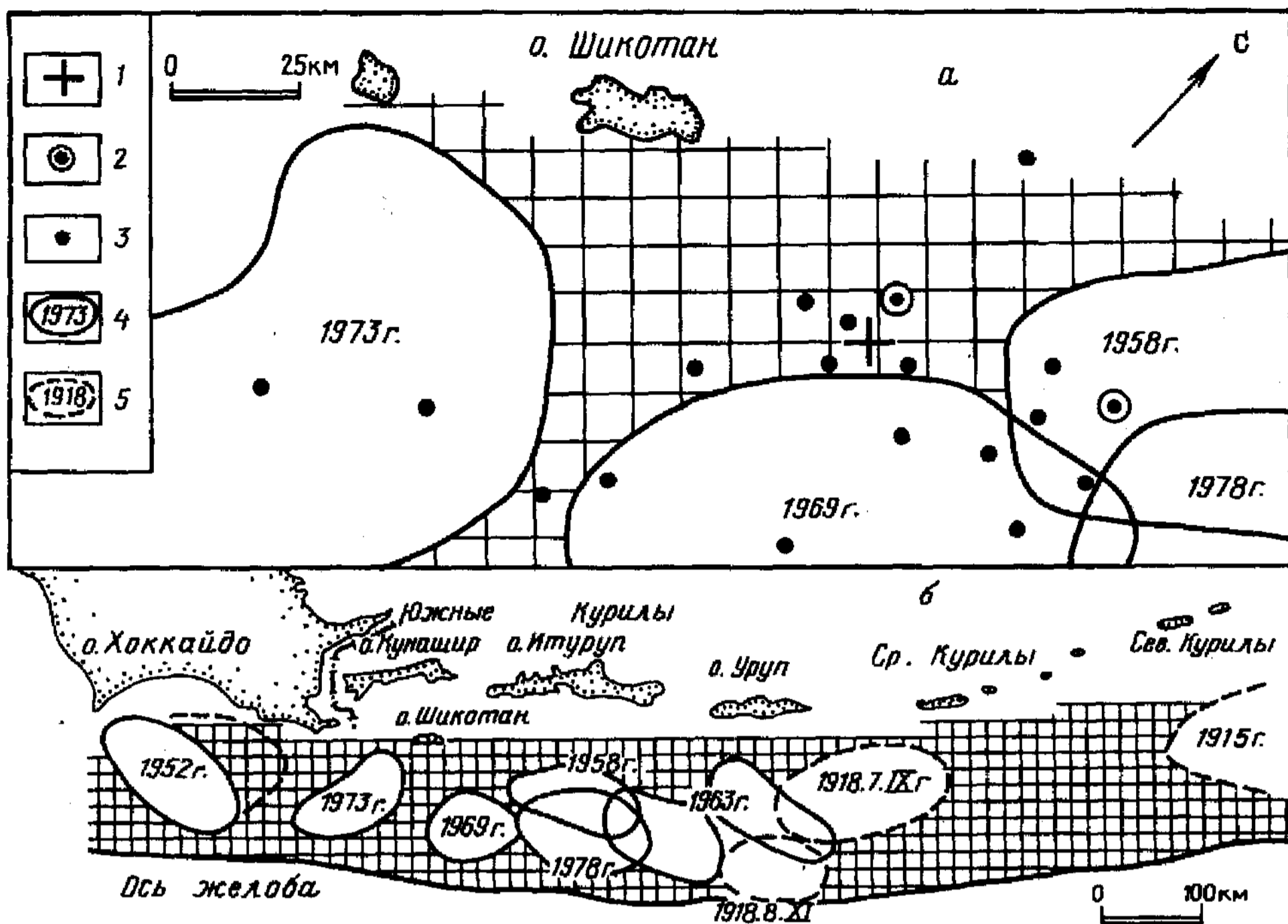


Рис. 1. Расположение главного толчка Южно-Курильского землетрясения 4.X.1994 г., его зарегистрированных афтершоков первой недели с $M \geq 5,5$ (а) и очагов сильнейших Курильских землетрясений 1915–1978 гг. и сейсмических брешей (б): 1–3 – соответственно положение главного толчка с $M = 8$ и афтершоков первой недели с $M = 7,7$ и $7,1 \geq M \geq 5,5$; 4, 5 – соответственно уверенные и примерные границы очагов сильнейших землетрясений

В целом для всей северо-западной окраины Тихого океана к классу таких событий, как показали полученные данные, относятся землетрясения магнитудного диапазона $M \geq 7,7 \pm 0,2$. При этом для разных зон региона к классу сильнейших землетрясений следует относить землетрясения с $M \geq 7,9$ – для желоба Нанкай; с $M \geq 7,5$ – для тихоокеанского побережья о-ва Хонсю; с $M \geq 7,9$ – для о-ва Хоккайдо – южных Курил; с $M \geq 7,6$ – для северных Курил – Камчатки и с $M \geq 7,9$ – для Алеутских островов – южной Аляски.

Очаги таких землетрясений группируются в миграционные цепочки, протягивающиеся вдоль сейсмофокальной зоны окраины Тихого океана от Японии к Аляске. Скорость миграции в цепочках 250 ± 30 км/год (рис. 2). При этом, как видно из данных, представленных в таблице, повторяемость сильнейших землетрясений в одном месте в разных регионах Тихоокеанского кольца составляет 100 ± 50 лет.

Выявленные закономерности позволили для северо-западной окраины Тихого океана в рамках волновой модели сейсмического процесса [4, 5] построить сейсмический прогноз. Согласно этому прогнозу, для участков сейсмофокальной зоны, не занятой очагами последних сильнейших землетрясений, определены возможные временные интервалы, в течение которых в пределах сейсмических брешей могут в будущем произойти сильнейшие землетрясения. Прогноз дан в двух вариантах. При этом выбор наиболее правильного варианта должен быть осуществлен на основании данных о первых последующих сильнейших землетрясениях в регионе.

С 1987 г., когда был построен такой прогноз, первое сильнейшее землетрясение в пределах северо-западной окраины Тихого океана произошло 4.X 1994 г. Его очаг, как отмечено выше, расположен в прилегающей к островам части сейсмофокальной зоны

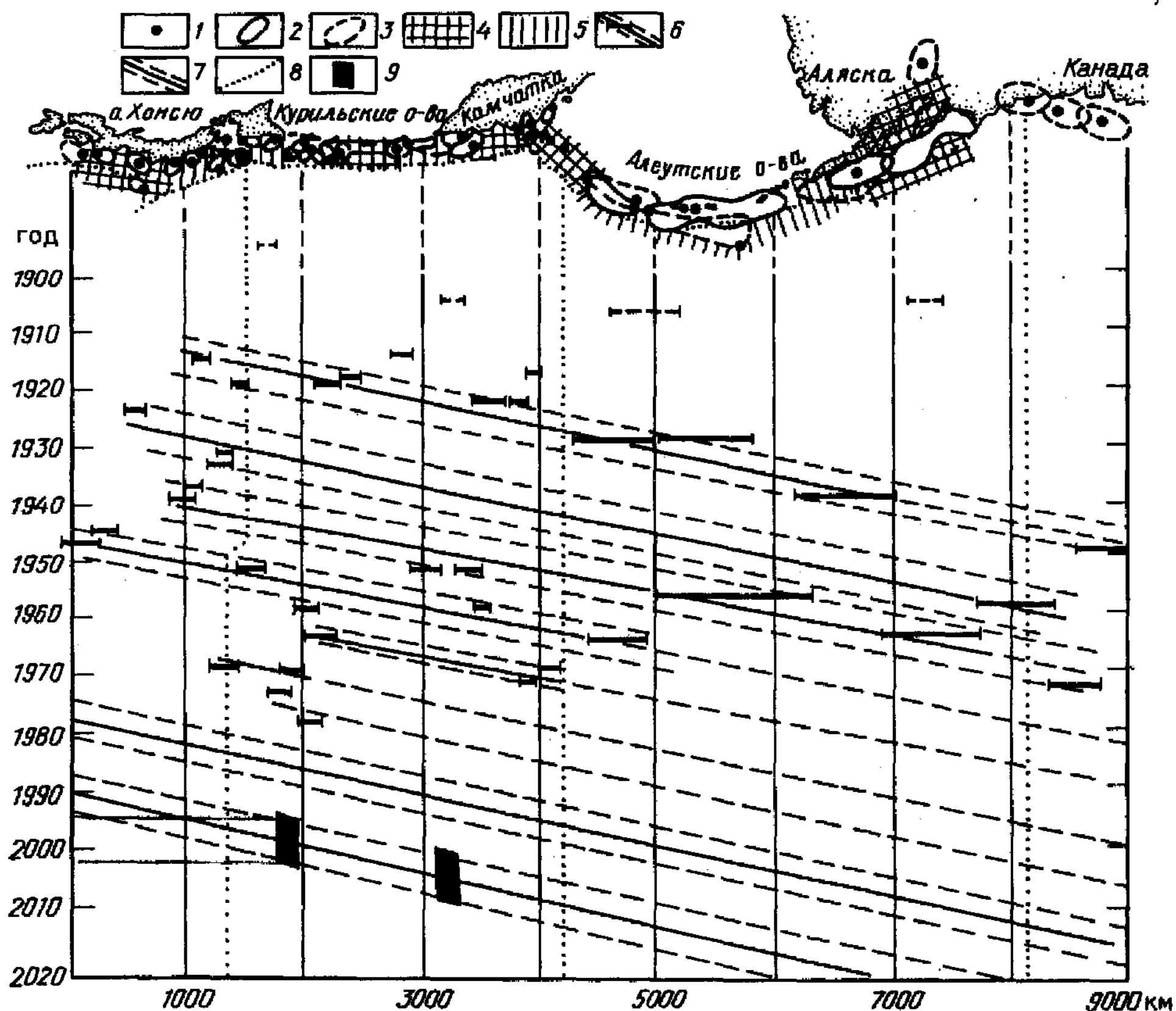


Рис. 2. Пространственно-временная карта очагов северо-западно-тихоокеанских сильнейших землетрясений 1904–1986 гг. [8]: 1 – эпицентры землетрясений; 2 – границы очагов землетрясений, проведенные с точностью $\pm(5-10)$ км; 3 – границы таких же землетрясений, проведенные с худшей точностью; 4 – наиболее вероятные места, в пределах которых в будущем могут располагаться очаги сильнейших землетрясений; 5 – менее вероятные места расположения очагов таких же землетрясений; 6 – положение очагов землетрясений на пространственно-временной карте и проведенные по ним миграционные цепочки; 7 – прогнозные цепочки, в пределах которых в будущем следует ожидать появления очагов сильнейших землетрясений; 8 – оси глубоководных желобов; 9 – временные интервалы, в течение которых в соответствии с построенным прогнозом могут произойти сильнейшие землетрясения с очагами вблизи о-ва Шикотан и на южной Камчатке

между северо-восточной и юго-западной оконечностями о-вов Кунашир и Итуруп соответственно (рис. 1,а). Согласно прогнозу автора [4], в этом месте сейсмофокальной зоны сильнейшее землетрясение можно было ожидать в 1995–2002 или 2001–2009 гг. по первому или второму варианту прогноза соответственно. Таким образом, Южно-Курильское сильнейшее землетрясение 4.X 1994 г., по-видимому, указывает на то, что первый вариант сделанного прогноза времени, представленный на рис. 2, более правильный. Тогда ближайший временной интервал, в течение которого в части сейсмофокальной зоны южной Камчатки, расположенной вблизи желоба, следующее сильнейшее землетрясение может произойти, – 2001–2009 гг. [4].

Прогноз сильнейших землетрясений у берегов северных Курил – Камчатки [6, 7]. Детальный анализ взаимного расположения очагов сильнейших землетрясений XVIII–XX столетий у берегов северных Курил – Камчатки позволил установить существование трех миграционных процессов. Два процесса протекают вдоль сейсмофокальной зоны. Один, затрагивая несколько сейсмофокальных блоков, развивается в направ-

**Повторяемость сильнейших землетрясений в различных регионах
Тихоокеанского кольца [6, 8]**

Регион	M	Дата сильнейших землетрясений	T ₁ , годы	T ₂ , годы
Камчатка				
Камчатский залив	8,4	22.VIII 1792	—	
	7,7	24.II 1923	131	
	7,8	15.XII 1971	48	
Кроноцкий залив	8,5	3.II 1923	—	
	7,6	4.V 1959	36	
Авачинский залив	8,3	17.X 1737	—	
	8,4	17.V 1841	104	
	8,5	4.XII 1952	111	
Южная Камчатка	8,4	22.VIII 1792	—	
	7,7	25.VI 1904	112	
Северные Курилы	8,3	17.X 1737	—	
	7 ± 1	29.VII 1854	117	
	8,5	5.XI 1952	98	90 ± 30
Япония				
Район Токио	7,9	31.I 1605	—	
	8,2	31.XII 1703	98	
	8,2	1.IX 1923	220	
Юго-западнее Токио	8,6	20.IX 1498	—	
	7,9	31.I 1605	107	
	8,4	28.X 1707	102	
	8,4	23.XII 1854	147	
	8,0	7.XII 1944	90	130 ± 50
Перу				
Район Кальяо	8,3	1513–1515	—	
	8,5	9.VII 1586	72	
	8,5	20.X 1687	101	
	8,0	28.X 1746	59	
	8,0	24.VIII 1942	196	110 ± 50
Алеуты				
П-ов Аляска	8,0	22.VII 1788	—	
	8,3	10.XI 1938	150	
Ближние о-ва	8,0	17.VIII 1906	—	
	8,5	4.II 1965	59	100 ± 50

Примечание. T₁, T₂ и T₃ – периоды повторения сильнейших (M – 8) землетрясений в одном месте, в пределах района (дуги) и в масштабе всего Тихоокеанского кольца соответственно; T₃ = 100 ± 50 лет.

лении с юго-запада на северо-восток и имеет продолжительность не более 21 года. Второй – затрагивает все блоки и протекает в обоих направлениях с примерно одинаковыми скоростями (4 ± 1 км/год). Имеющиеся данные показывают, что в пределах каждого сейсмофокального блока очаги сильнейших землетрясений северных Курил – южной Камчатки мигрируют вкрест зоны, повторяясь в одном блоке 1 раз в 108 ± 7 лет (см. таблицу).

Указанные данные позволили построить прогноз времени будущих северо-курильских и камчатских сильнейших землетрясений конца XX – начала XXI столетия (рис. 3). Согласно этому прогнозу, первое сильнейшее землетрясение в рассматриваемой зоне должно произойти в пределах сейсмофокального блока, расположенного на

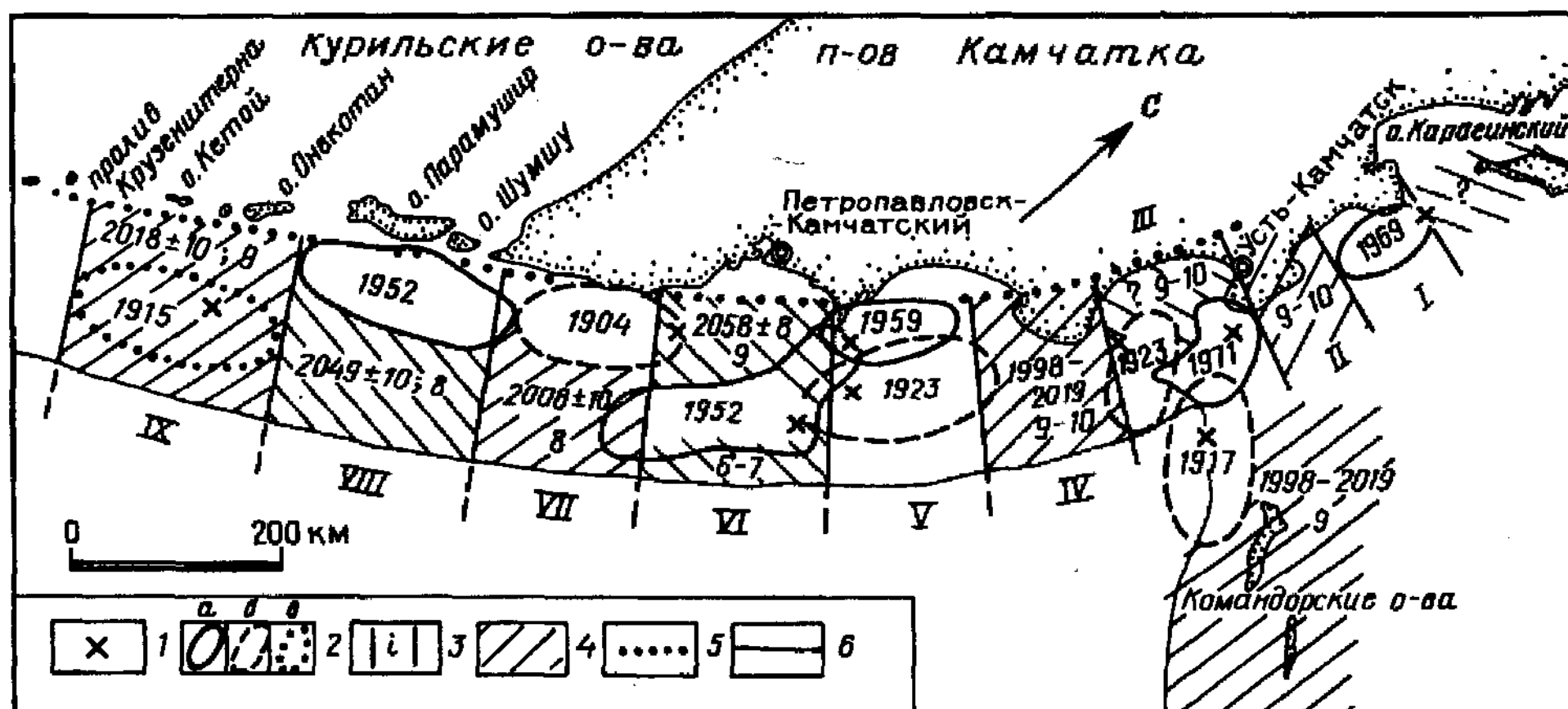


Рис. 3. Прогнозная карта расположения очагов сильнейших камчатских и северо-курильских землетрясений в будущем [6]: 1 – эпицентры сильнейших землетрясений; 2 – уверенные (а), менее уверенные (б) и возможные (в) границы очагов сильнейших землетрясений XX в.; цифра – год сильнейшего землетрясения; 3 – границы между блоками сейсмофокальной зоны; $i = I-IX$; 4 – места вероятного расположения очагов сильнейших землетрясений в будущем; цифры – год ожидаемого землетрясения, временной интервал и максимальное значение балльности на берегу при землетрясении; 5 – западная граница сейсмофокальной зоны; 6 – ось глубоководного желоба

юге Камчатки между мысами Лопатка и Поворотный в 1998–2018 (2008 ± 10) гг. Имеющиеся данные позволяют также предположить, что очаг этого землетрясения должен располагаться либо в центральной части сейсмофокальной зоны, либо в части, прилегающей к оси глубоководного желоба.

Отметим, что имеются принципиальные расхождения между сделанной автором прогнозной схемой расположения в пространстве очагов будущих сильнейших землетрясений [6, 7] и схемой С.А. Федотова [10, 11]. Преимущество схемы автора, как представляется, заключается в том, что она, в отличие от схемы С.А. Федотова, опирается на динамические особенности сейсмического процесса, отражением которых является миграция очагов сильнейших землетрясений. Подробно эти вопросы обсуждены в работах [1, 9].

Обсуждение результатов

Данные о времени следующего сильнейшего землетрясения с очагом на южной Камчатке, полученные с помощью анализа, проведенного на двух уровнях (глобальном – окраина Тихого океана [3–5,8] и локальном – северные Курилы – Камчатка [6, 7]), дают практически совпадающие результаты. Согласно им, следующее землетрясение с очагом в южно-камчатском блоке, расположенном между мысами Лопатка и Поворотный, должно произойти в конце XX – начале XXI столетия: в 1998–2018 гг. (рис. 2 и 3).

Другими словами, показано, что происшедшее 4.X 1994 г. Южно-Курильское землетрясение является причинно связанным с будущим Южно-Камчатским сильнейшим землетрясением, которое должно произойти в конце XX – начале XXI столетия. Это позволяет Южно-Курильское землетрясение (как, впрочем, и любое другое сильнейшее землетрясение в той же миграционной цепочке с очагом к юго-западу от Камчатки) считать предвестником будущего Южно-Камчатского сильнейшего ($M \geq 7,6$) землетрясения.

Согласно данным, полученным в работах [5–7], с предсказываемого Южно-Курильского землетрясения может начаться фаза высокой сейсмической активности на Камчатке, которая затем может переместиться и на Алеутские о-ва – южную Аляску.

Сейсмический прогноз для Камчатки и Алеутских о-вов – южной Аляски подробно описан в работах [1, 2, 4, 7].

Следует отметить, что между очагом сильнейшего землетрясения 4.X 1994 г. и северными Курилами – Камчаткой наиболее вероятными местами, где могут произойти одно или несколько сильнейших землетрясений, являются прилегающая к островам часть сейсмофокальной зоны, расположенная между северо-восточной и юго-западной оконечностями о-вов Итуруп и Уруп соответственно, и район средних Курил (рис. 1,б). Согласно прогнозу, построенному в работе [4], в этих частях сейсмофокальной зоны сильнейшие землетрясения могут произойти в моменты времени, предшествующие будущему южно-камчатскому сильнейшему землетрясению.

Пара сильнейших землетрясений, происшедших в южно-курильском районе 7.IX 1918 г. (рис. 1,б) с $M = 8,2$ (очаг расположен между о-вами Уруп и Симушир) и 8.XI 1918 г. с $M = 7,9$ (очаг расположен на юго-западе от очага предыдущего землетрясения вблизи оси глубоководного желоба против о-ва Уруп), указывает на то, что следующее сильнейшее землетрясение в Курильском районе может произойти уже через месяц-другой после октября 1994 г.² В этом случае очаг следующего после 4.X 1994 г. сильнейшего землетрясения может быть расположен и в пределах сейсмической бреши против северо-восточного окончания о-ва Хоккайдо (рис. 1,б).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Викулин А.В. Вариант долгосрочного сейсмического прогноза для Камчатского залива и Кроноцкого полуострова // Вулканология и сейсмология. 1986. № 3. С. 72–83.
2. Викулин А.В. Уточнение положения очагов сильнейших землетрясений и долгосрочный сейсмический прогноз для Алеутской островной дуги и южной Аляски // Сейсмичность и сейсмический прогноз на Дальнем Востоке. Петропавловск-Камчатский, 1986. С. 71–72.
3. Викулин А.В. Особенности распределения землетрясений северо-западной части Тихого океана: Препринт. Петропавловск-Камчатский: ИВ ДВО АН СССР, 1987. 54 с.
4. Викулин А.В. Особенности распределения землетрясений северо-западной части Тихого океана // Геофизические исследования при решении геологических задач. Магадан: СКВНИИ ДВНЦ АН СССР, 1989. С. 43–57.
5. Викулин А.В. Феноменологическая волновая модель сейсмического процесса // Докл. АН СССР. 1990. Т. 310. № 4. С. 821–824.
6. Викулин А.В. Миграция очагов сильнейших камчатских и северо-курильских землетрясений и их повторяемость // Вулканология и сейсмология. 1992. № 1. С. 46–61.
7. Викулин А.В. Прогноз времени сильнейших землетрясений у берегов Камчатки и северных Курил // Вулканология и сейсмология. 1992. № 1. С. 62–69.
8. Викулин А.В. О понятии и величине сейсмического риска // Вычислительные технологии. Т. 1. № 3. Новосибирск, 1992. С. 118–123.
9. Викулин А.В., Чернобай И.П. Механизм очага Урупского (1963 г.) и Большого Камчатского (1952 г.) землетрясений // Динамические процессы в дискретных геофизических системах. Владивосток: ТОИ ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 58–66.
10. Федотов С.А. О закономерностях распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских островов и северо-восточной Японии // Тр. Ин-та физики Земли АН СССР. 1965. № 36 (203). С. 121–150.
11. Федотов С.А., Чернышев С.Д. 20 лет долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги: достоверность в 1981–1985 гг., в целом за 1965 – 1986 гг. и прогноз на 1986 – 1990 гг. // Вулканология и сейсмология. 1987. № 6. С. 93–109.

² После того как статья была сдана в печать, автор считает необходимым внести следующее дополнение. "Пары" сильнейших землетрясений с близкорасположенными очагами вблизи о-ва Хонсю (9.III 1931 г., $M = 7,6$ – 3.III 1933 г., $M = 8,3$ и 3.XI 1936 г., $M = 7,7$ – 5.XI 1938 г., $M = 7,7$) и Камчатки (22.XI 1969 г., $M = 7,7$ – 15.XII 1971 г., $M = 7,8$), представленные на рис. 2, показывают, что такой интервал может быть продолжительностью ~2 лет.

12. Федотов С.А., Чернышев С.Д., Чернышева Г.В., Викулин А.В. Уточнение границ очагов землетрясений с $M \geq 7,75$, свойств сейсмического цикла и долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги // Вулканология и сейсмология. 1990. № 6. С. 52–67.

Опытно-методическая сейсмологическая
партия Института вулканологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский

Поступила в редакцию
25.10.1995

Технический редактор *Л.В. Каурова*

Сдано в набор 26.07.96 Подписано к печати 10.09.96 Формат бумаги $70 \times 100^{1/16}$

Офсетная печать Усл. печ. л. 9,1 Усл. кр.-отт. 2,9 тыс. Уч.-изд. л. 11,0 Бум. л. 3,5

Тираж 314 экз. Зак. 232

Адрес редакции: 683006, Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9

Институт вулканологии, тел. 5-91-19

117810, Москва, ГСП-1, Мароновский пер., д. 26, тел. 230-79-67

Московская типография № 2 РАН, 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6