

II. АНАЛИЗ И МОДЕЛИ СЕЙСМИЧНОСТИ

УДК 550.341

ЗАБЛАГОВРЕМЕННЫЙ СРЕДНЕСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ЮЖНО-КУРИЛЬСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 4 ОКТЯБРЯ 1994 ГОДА И 3 ДЕКАБРЯ 1995 ГОДА

В.Г. Кособоков¹, Дж.Х. Хили², Дж.У. Дьюи^{2,3},
П.Н. Шебалин¹, И.Н. Тихонов⁴

¹ *Международный институт теории прогноза землетрясений
и математической геофизики Российской академии наук,*

² *Геологическая служба США*

³ *Национальный центр информации о землетрясениях США,*

⁴ *Институт морской геологии и геофизики ДВО Российской академии наук*

Предвестниковые изменения сейсмичности, характерные для землетрясений с магнитудами 7.5–8.5 перед двумя сильнейшими Южно-Курильскими землетрясениями 4 октября 1994 г. ($M = 8.3$) и 3 декабря 1995 г. ($M = 8.0$) были заблаговременно диагностированы в июле 1992 г. Прогноз получен с помощью алгоритма M8 в июле 1992 г. в ходе совместного российско-американского эксперимента по среднесрочному прогнозу сильнейших землетрясений Тихоокеанского сейсмического пояса в реальном времени. Дополнительный анализ сейсмичности в диапазоне малых магнитуд с помощью алгоритма, известного как Сценарий Мендосино (MS), позволяет сократить область прогноза: в первом случае до размеров очага Шикотанского землетрясения (1994 г.) и во втором случае до размеров, в 1,5 раза превышающих очаг Итурупского землетрясения (1995 г.).

A REAL-TIME INTERMEDIATE-TERM PREDICTION OF THE OCTOBER 4, 1994 AND DECEMBER 3, 1995 SOUTHERN-KURIL ISLANDS EARTHQUAKES

V.G. Kossobokov¹, J.H. Healy², J.W. Dewey^{2,3},
P.N. Shebalin¹, and I.N. Tikhonov⁴

¹ *International Institute of Earthquake Prediction Theory
and Mathematical Geophysics, Russian Academy of Sciences*

² *U.S. Geological Survey and* ³ *National Earthquake Information Center*

⁴ *Institute of Marine Geology and Geophysics, Far East Division,
Russian Academy of Sciences*

Precursory changes of seismicity characteristic for magnitude 7.5–8.5 earthquakes were diagnosed in advance of two recent Southern-Kuril Islands earthquakes: October 4, 1994, $M = 8.3$ and December 3, 1995, $M = 8.0$. The prediction by the M8 algorithm was issued in July

1992 in the course of the ongoing Russia-US real-time experiment on earthquake prediction for great earthquakes along the circum-Pacific seismic belt. Additional analysis of seismicity in lower magnitude ranges by another pattern recognition algorithm, known as Mendocino Scenario (MS), reduced correctly the area of prediction, in the first case, to the aftershock zone of the 1994 Shikotan Island earthquake, and in the second case, to an area 1.5 times larger than the aftershock zone of the 1995 Iturup Island earthquake.

ВВЕДЕНИЕ

Каждое сильное землетрясение ставит вопрос перед геофизиками, работающими в области прогноза: предвзялось ли оно явлением, которое можно было бы считать предвестником. При этом особый интерес представляют предвестники, определенные ранее (см., например, [1]), поскольку каждое новое сильное землетрясение проверяет их значимость и надежность.

Здесь мы исследуем данный вопрос в связи с двумя недавними землетрясениями (4 октября 1994 г. и 3 декабря 1995 г.) на юге Курильских о-ов. Согласно некоторым оценкам [2], Шикотанское землетрясение 1994 г. является сильнейшим землетрясением мира с момента землетрясения 1977 г. на о-ве Сумба (Индонезия). Итурупское землетрясение 1995 г. несколько слабее – сравнимые с ним по силе землетрясения происходят в мире в среднем один раз в год. Нами рассматриваются предвестниковые явления, определяемые двумя алгоритмами среднесрочного прогноза землетрясений, которые известны как М8 и MS (Сценарий Мендосино) [3,4].

АЛГОРИТМ М8

Ранее нами было показано [3,5–9], что сильные землетрясения предвзяются простейшими универсальными симптомами неустойчивости динамической системы. Эти симптомы проявляются в увеличении следующих параметров сейсмичности: числа основных толчков (N_1 и N_2) и его отклонения от долговременного тренда (L_1 и L_2), концентрации очагов (Z_1 и Z_2), числа афтершоков (B), сопровождающих основные толчки фоновой сейсмичности. Интегральные оценки этих характеристик составляют основу алгоритма среднесрочного прогноза землетрясений М8. Первая проверка алгоритма датируется 1986 г., когда М8 был применен для диагностики периодов повышенной вероятности (ППВ) сильнейших, с магнитудой от 8 и выше, землетрясений мира [5]. В дальнейшем этот алгоритм многократно был предметом исследования как в глобальном, так и в региональном масштабе [3,7,10–16].

В большинстве случаев ППВ диагностируются в кругах диаметром $D(\tilde{M}) = 111.111(\exp(\tilde{M} - 5.6) + 1)$ км, где $\tilde{M}$ – пороговая магнитуда, определяющая сильные события. Алгоритм анализирует интегральные параметры сейсмичности внутри каждого круга и объявляет ППВ, если эти параметры становятся аномально большими по сравнению со значениями в круге за продолжительный период времени. ППВ объявляется на пять лет. В исключительных случаях изменения сейсмической активности после объявления ППВ могут вызвать переопределение порогов нормы и аномальности в круге и, как следствие, отмену ППВ или его продление.

ТЕСТИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА M8 В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Формальный тест алгоритма M8 [17] ведется в настоящее время на территории Тихоокеанского пояса сейсмичности. Схема теста разработана тремя исследователями: Дж.У.Дьюи из NEIC/USGS (Голден), Дж.Х.Хили из USGS (Менло Парк) и В.Г.Кособоковым из МИТП РАН (Москва), каждый из которых независимо ответствен за текущий исследовательский прогноз вперед. Проверка ведется в 147 кругах исследования, расположенных вдоль Тихоокеанской зоны сейсмичности (рис. 1). Радиус кругов, равный 427 км, выбран для прогноза землетрясений с магнитудой от 7.5 и выше. Прогноз основан на анализе базы данных NEIC Нуросcenter Data Base CD-ROM [18] и ее пополнения до настоящего времени. Центры кругов равномерно распределены вдоль оси Тихоокеанского пояса сейсмичности, включая Индонезию и Южные Сандвичевы острова. Сейсмическая активность в каждом из кругов достаточна для применения алгоритма M8 без каких-либо модификаций (т.е. активность, измеренная годовым числом основных толчков с магнитудой от 4 и выше, превышает 16). Каждые шесть месяцев прогноз обновляется по доступным к этому моменту времени новым данным, вошедшим в NEIC HDB. (Подробное описание эксперимента, включая тексты математического обеспечения и исходные

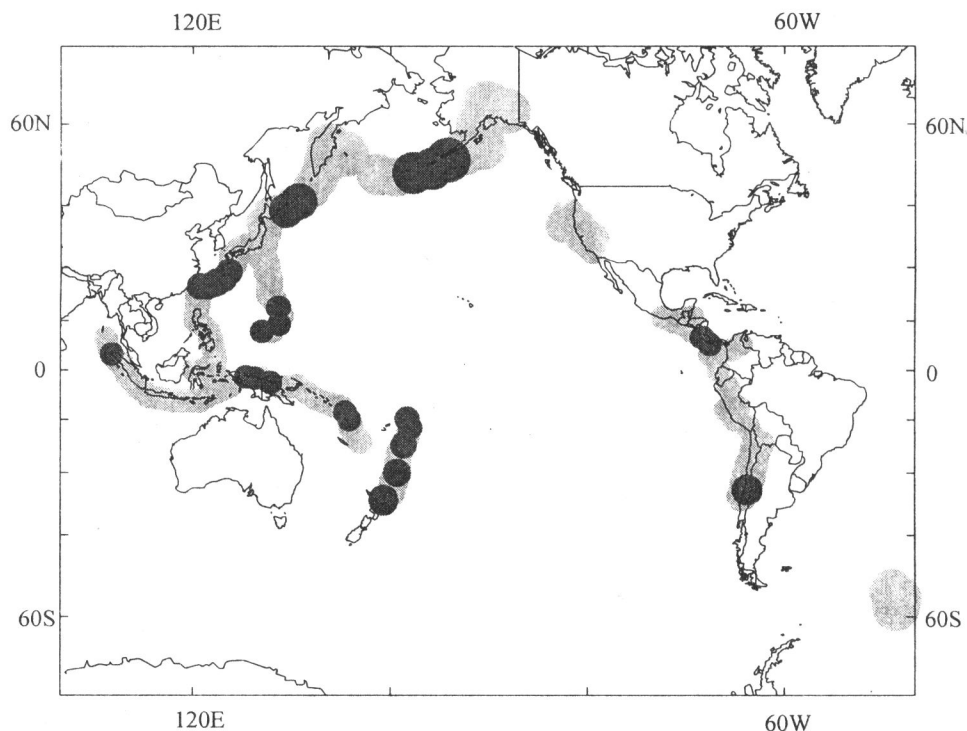


Рис. 1. Области повышенной вероятности возникновения землетрясений с магнитудой от 7.5 и выше в период с 1 июля 1994 г. по 1 января 1995 г., определенные алгоритмом M8 по данным NEIC [18], пополненным до 1 июля 1994 г.

Каждый из 147 кругов исследования из текущей проверки алгоритма M8 заштрихован: темным, если круг находится в состоянии ППВ; светлым, если ППВ в круге отсутствует

данные, приведены в [17].) С 1985 по 1991 г. в круговых областях мониторинга произошло 10 землетрясений с магнитудой 7.5 и выше [17]. Восемь из них предсказаны алгоритмом М8. В течение этого периода времени от 17 до 27% кругов находилось в состоянии тревоги. Вероятность получить такой же или лучший результат при случайном распределении и такого же количества тревог (ППВ) составляет менее 3%. Несмотря на эти обнадеживающие результаты, многие вопросы использования алгоритма М8 в системе предупреждения населения еще предстоит решить.

Для того чтобы представить объективные данные по этим вопросам, нами ведется тестирование алгоритма М8 в реальном времени. Этот эксперимент начался в июле 1991 г., результаты прогноза по состоянию на 1 июля 1994 г. для всего Тихоокеанского пояса представлены на рис. 1. Главной целью эксперимента являются поиск и разработка усовершенствований и дополнений к алгоритму М8, которые улучшили бы качество среднесрочного прогноза. Поэтому тщательное изучение успехов и неудач может предоставить данные для уточнения методики прогноза. За время тестирования в кругах исследования произошло 11 сильных землетрясений, 6 из которых было предсказано. Мы обнаружили, что из пяти непредсказанных землетрясений два являются маргинальными, и незначительное изменение параметров алгоритма (в частности, малое изменение положения кругов) приводит к успешному прогнозу; два других землетрясения могут быть включены в последовательность из пяти сильнейших землетрясений (район Хоккайдо и юга Курильских о-ов), первое и два сильнейших из которых предсказаны в тесте. В настоящее время мы работаем над модификациями алгоритма М8 и изменением схемы его применения, которые могут улучшить качество прогноза. Детальный анализ успешного прогноза двух Южно-Курильских землетрясений, одно из которых является сильнейшим землетрясением Тихоокеанского сейсмического пояса за весь период тестирования, может нам в этом помочь.

КУРИЛО-КАМЧАТСКИЙ РЕГИОН

Прогноз для землетрясений с магнитудой 7.5 и выше, определенный алгоритмом М8 в Курило-Камчатской зоне субдукции, показан на рис. 2. На рис. 2,а показана часть прогноза на июль-декабрь 1994 г. и эпицентр землетрясения 4 октября 1994 г. Согласно данным NEIC QED [19], это землетрясение произошло в 13:22:58.1 по Гринвичу, координаты эпицентра: 43.661°N , 147.335°E . Оно отнесено к разряду *кóровых* землетрясений и имеет: $mb = 7.5$, $M_s = 8.1$ по данным, полученным со 267 станций глобальной сети. Геологическая служба США оценивает M_0 величиной $2.0 \times 10^{21} \text{ Nm}$, что соответствует $M_w = 8.2$. По данным Гарвардского университета [2] $M_0 = 3.7 \times 10^{21} \text{ Nm}$ и $M_w = 8.3$. На рис. 2,б показаны часть прогноза на июль-декабрь 1995 г. и эпицентр землетрясения 3 декабря 1995 г. По данным NEIC QED [19] это землетрясение произошло в 18:01:08.7 по Гринвичу, координаты эпицентра: 44.575°N , 149.390°E . Оно отнесено к разряду *кóровых* землетрясений и имеет: $mb = 6.7$, $M_s = 8.0$ по данным, полученным с 359 станций глобальной сети. Геологическая служба США оценивает M_0 величиной $8.1 \times 10^{20} \text{ Nm}$, что соответствует $M_w = 7.8$. По данным Гарвардского университета [2] $M_0 = 8.0 \times 10^{20} \text{ Nm}$ и $M_w = 7.9$.

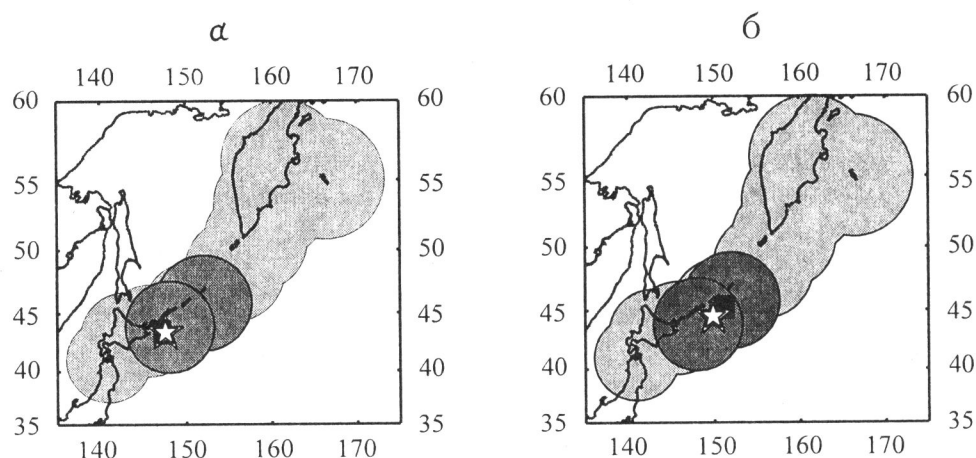


Рис. 2. Области повышенной вероятности возникновения Южно-Курильских землетрясений с магнитудой от 7.5 и выше

а – в период с 1 июля 1994 г. по 1 января 1995 г., звездочкой отмечен эпицентр землетрясения 4 октября 1994 г.; б – в период с 1 июля 1995 г. по 1 января 1996 г., звездочкой отмечен эпицентр землетрясения 3 декабря 1995 г. Светло-серым тоном показана территория, где ведется мониторинг, темным – область тревоги

Таким образом, землетрясения 4 октября 1994 г. и 3 декабря 1995 г. подтверждают прогноз, полученный с помощью алгоритма М8.

Область тревоги на район восточной части о-ва Хоккайдо и юга Курильских о-ов впервые появилась в тесте алгоритма М8 [17] в июле 1992 г. Тревога была вызвана значительной активизацией сейсмичности южного сегмента Курило-Камчатской зоны субдукции, выразившейся в увеличении всех функционалов алгоритма М8 до их аномально высоких значений, что можно видеть на рис. 3, а. Результаты расчетов были подтверждены в Институте морской геологии и геофизики ДВО РАН при независимой проверке по данным локальной сети ОМСП. 15 января 1993 г. в Куширо-Оки (о-в Хоккайдо) на глубине 102 км произошло землетрясение с магнитудой 7.6, которое стало первым сильным землетрясением, подтвердившим данный прогноз. Однако алгоритм М8 с параметрами для прогноза землетрясений с магнитудой от 8.0 и выше с июля 1994 г. определил ППВ для более сильного события (рис. 3, б). Шикотанское землетрясение 4 октября 1994 г. и Итурупское землетрясение 3 декабря 1995 г. – действительно более сильные землетрясения – точно соответствуют пространственным, временным и магнитудным рамкам прогноза, полученного по алгоритму М8.

УТОЧНЕНИЕ ПРОГНОЗА С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА СЦЕНАРИЙ МЕНДОСИНО

Территориальная неопределенность прогноза по алгоритму М8 может быть значительно сокращена (от 4 до 14 раз) с помощью алгоритма Сценарий Мендосино (MS) [4]. Анализируя более детально динамику сейсмичности в области ППВ,

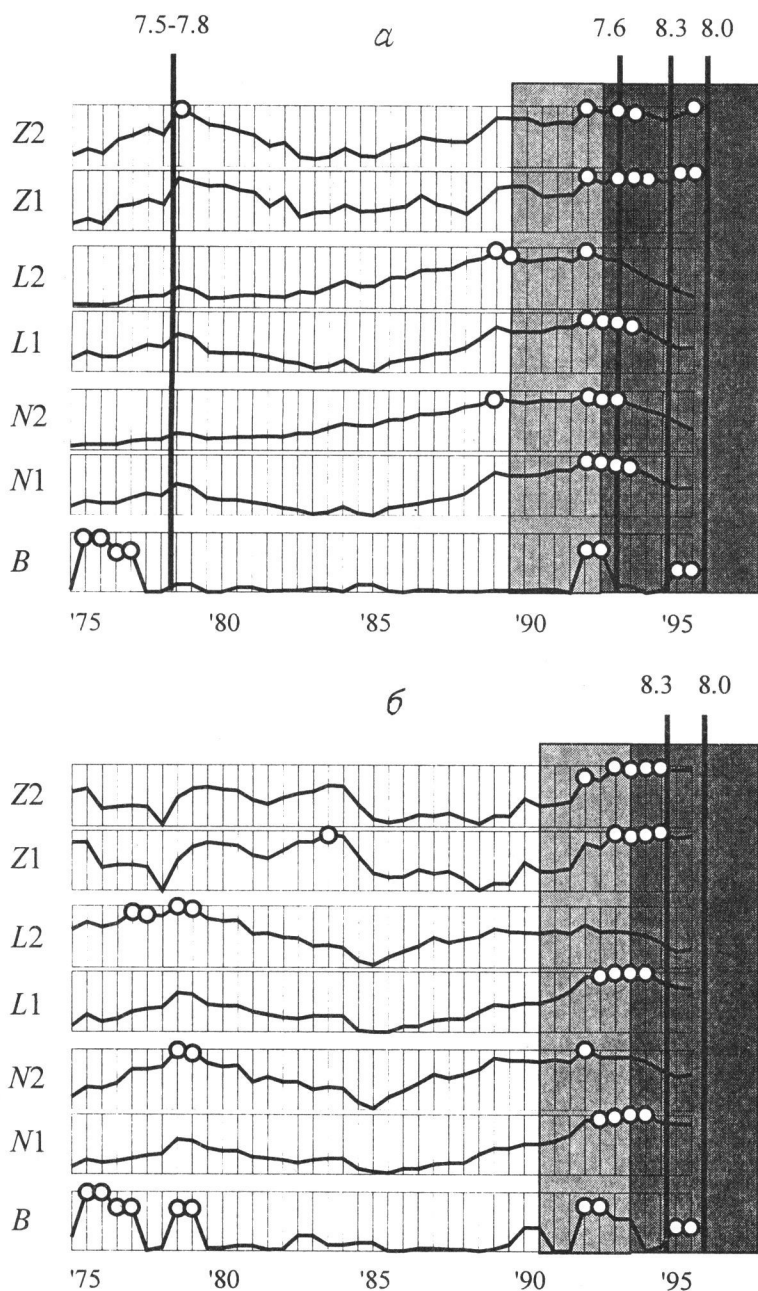


Рис. 3. Функционалы алгоритма M8 в кругах с координатами центра 44°N и 148°E

a – радиус круга – 427 км для прогноза магнитуды 7.5+; $б$ – радиус круга – 667 км для прогноза магнитуды 8.0+. Вертикальными линиями отмечено время каждого сильного землетрясения с $M \geq M_0$, случившегося в круге, цифры над линиями – магнитуды сильных событий. Кружки – anomalously большие значения функций. Светло-серый тон покрывает 3-летний интервал, содержащий достаточное для объявления ППВ количество anomalously больших значений функционалов, темный – 5-летний интервал ППВ

алгоритм MS ищет эпизод аномального затишья, т.е. затишья на фоне повышенной активности, когда часть области ППВ, устойчиво активная во время его формирования, демонстрирует необычное и довольно краткосрочное (единицы месяцев) затишье. В большинстве случаев такой эпизод предшествует возникновению сильного землетрясения в узкой окрестности его эпицентра.

Алгоритм MS [4] по данным NEIC на 1 июля 1994 г. точно определил положение эпицентра землетрясения 4 октября. На рис. 4,а показана область ППВ, полученная по алгоритму М8, и уточнение этого прогноза по алгоритму MS – заштрихованная область размером 210 на 160 км. Примечательно, что область "уточненной тревоги" практически совпадает с областью афтершоков Шикотанского землетрясения 1994 г. На рис. 4,б представлено уточнение прогноза, определенное по данным на 1 июля 1995 г. Область "уточненной тревоги" изменилась по сравнению с 1994 г. – сместилась на северо-восток и несколько увеличилась (до размеров 210 на 210 км). Итурупское землетрясение 3 декабря 1995 г. подтвердило результаты детального анализа фоновой сейсмичности по алгоритму MS – его эпицентр возник на юго-западе области "уточненной тревоги", а последовавшие за ним афтершоки распространились в основном на северо-восток, к центру этой области.

Отметим, что алгоритм MS пока не включен в тестирование алгоритма М8 [17]. Комбинация М8-MS, которая дает лучшее качество прогноза, чем М8 сам по себе, достаточно перспективна и требует систематической проверки в реальном времени для территорий, где имеется достаточно данных для ее применения.

НЕСКОЛЬКО БОЛЕЕ КРАТКОСРОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Эпицентры всех землетрясений из района тревоги с магнитудой 5 и выше, предвалявшие оба землетрясения, также приведены на рис. 4. В 1994 г. (рис. 4,а) примечателен рой из шести землетрясений с магнитудой 6 и выше, образовавшийся с 14 по 30 августа к юго-востоку от пролива Фриза, т.е. примерно в 100 км к северо-востоку от зоны будущих афтершоков Южно-Курильского землетрясения 4 октября. На следующий день (31 августа) эпицентр землетрясения с магнитудой 6.1 у южной оконечности о-ва Кунашир отметил противоположную, юго-западную границу зоны, которая разорвалась во время Южно-Курильского землетрясения 1994 г. Таким образом, примерно за месяц до основного толчка с магнитудой 8.3 две противоположные стороны области, очерченной комбинацией алгоритмов М8-MS, проявили довольно необычную активизацию.

Согласно [19], за 5 дней до основного толчка на северо-восточной границе зоны будущих афтершоков произошло землетрясение (близкий форшок) с магнитудой 4.5. К сожалению, к этому времени локальная сейсмическая сеть бездействовала и не могла записать возможную непосредственную форшоковую активность в диапазоне малых магнитуд.

По аналогичному сценарию развивались события и в 1995 г. С 24 ноября по 2 декабря также к юго-востоку от пролива Фриза на юго-западной границе зоны будущих афтершоков произошло четыре землетрясения с магнитудами от 6.0 и выше – 24, 27, 30 ноября и 2 декабря; причем одновременно с этим роем, а именно 30 ноября, произошло землетрясение с магнитудой $m_b = 6.0$ под о-вом Кунашир. Эпицентр основного толчка 3 декабря 1995 г. возник в 12 км от эпицентра,

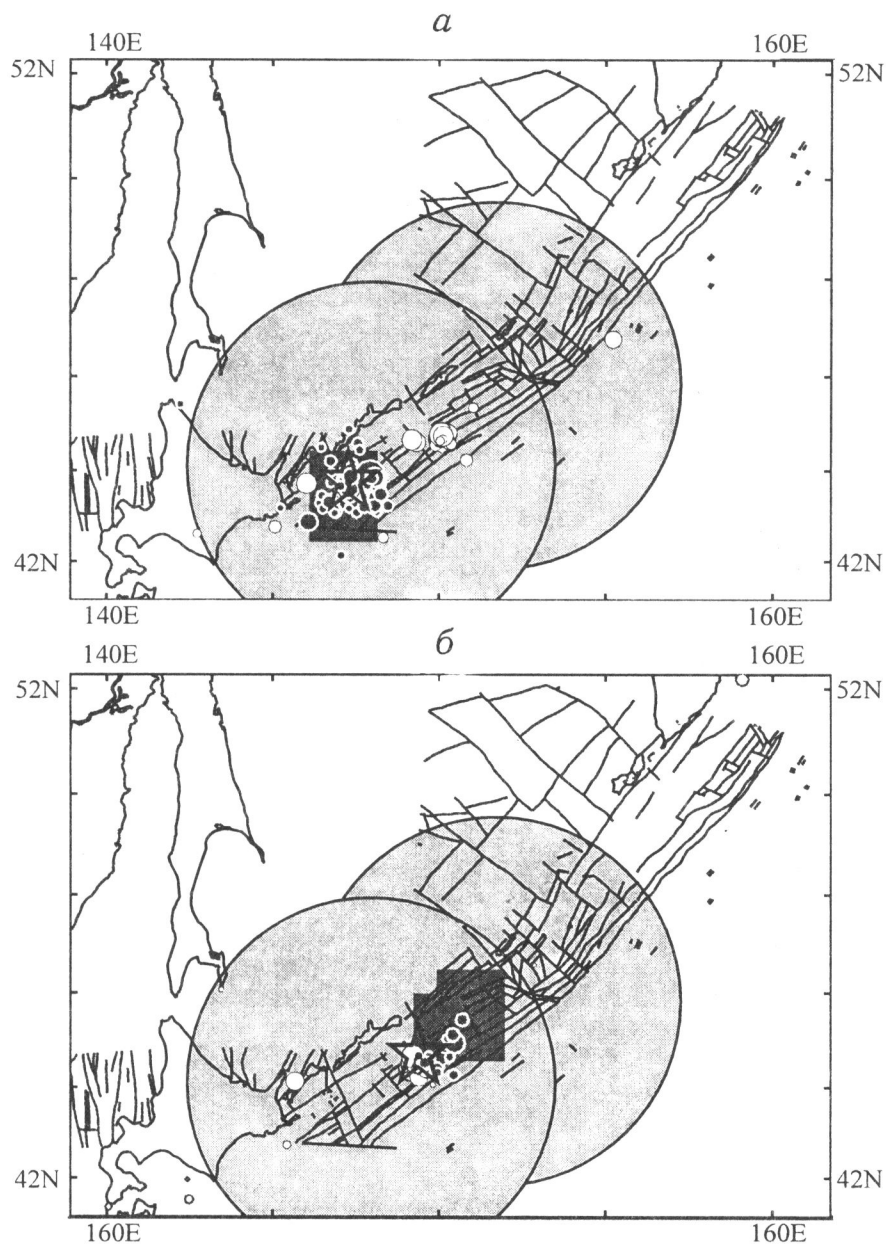


Рис. 4. Предсказанные землетрясения и локализация прогноза по алгоритму MS по данным на 1 июля 1994 года (а) и по данным на 1 июля 1995 г. (б)

Эпицентры землетрясений с $M \leq 5$ обозначены: звездочкой – эпицентр предсказанного основного толчка (см. подпись к рис. 2), черными кружками – афтершоки основного толчка, белыми – землетрясения, случившиеся до основного толчка. Светло-серый тон – область тревоги, диагностированная алгоритмом M8, темный – уточнение с помощью алгоритма MS, линии на схеме – разломы по [20]

как оказалось последнего землетрясения роя, которое произошло 2 декабря (с магнитудой 6.5).

ДОКУМЕНТИРОВАННОСТЬ ПРОГНОЗА

В июле 1992 г. в Российской академии наук зарегистрирован и передан в Министерство по чрезвычайным ситуациям вывод о том, что "район Южных Курильских островов и восточной части острова Хоккайдо в течение пяти лет, начиная с середины 1992 г., будет находиться в состоянии повышенной вероятности возникновения катастрофического землетрясения с магнитудой 7.5–8.5", и связанные с ним рекомендации по развертыванию: 1) мероприятий типа гражданской обороны; 2) ускоренного анализа текущих сейсмологических наблюдений на базе ИМГиГ ДВО РАН.

Осенью 1993 г. мы подтвердили прогноз, основываясь на исторически известной группируемости сильных землетрясений и, в частности, на опыте тогда недавнего землетрясения 8 августа 1993 г. с магнитудой 8.2 на о-ве Гуам, которое последовало за землетрясением 5 апреля 1990 г. с магнитудой 7.5 в Марианской зоне субдукции. Мы призвали "обратить особое внимание сейсмологов и гражданской обороны на район Южных Курильских островов и восточной части острова Хоккайдо как на область, где землетрясения с магнитудой 7.5–8.5, вероятно, возникнут до июля 1997 г." Прогноз был опубликован в 1993 г. [21] и представлен на региональном Западно-Тихоокеанском конгрессе Американского геофизического союза (Гонконг, 25–29 июля 1994 г.) [22].

ВЫВОДЫ

Использованные здесь методы, помимо правильных предсказаний, могут давать ложные тревоги и пропуски цели. Качество алгоритмов M8 и MS еще предстоит определить в текущем тесте для Тихоокеанской зоны [17] и в других экспериментах. Примеры землетрясений 4 октября 1994 г. и 3 декабря 1995 г. обнадеживают, поскольку иллюстрируют возможности усовершенствования метода прогноза. Комбинация алгоритмов M8-MS демонстрирует преимущества иерархического подхода к прогнозу землетрясений.

Благодарности. Работа выполнена при частичной поддержке Международного научного фонда (грант MCI300), Национального научного фонда США (грант EAR 94 23818) и ИНТАС (грант INTAS 93-457).

ЛИТЕРАТУРА

1. Evaluation of proposed earthquake precursors / Ed. M. Wyss. Wash.: AGU. 132 p.
2. Ekstrom G., Salganik M., Sianissian S. Quick central moment tensor solution. Harvard Event-File Name M100494X. 1994.
3. Keilis-Borok V.I., Kossobokov V.G. Premonitory activation of seismic flow: algorithm M8 // Phys. Earth Planet. Inter. 1990. Vol.61. P.73-83.
4. Kossobokov V.G., Keilis-Borok V.I., Smith S.W. Location of intermediate-term earthquake prediction // J. Geophys. Res. 1990. Vol.95, N B12. P.19763-19772.

5. Кейлис-Борок В.И., Кособоков В.Г. Периоды повышенной вероятности возникновения сильнейших землетрясений мира // Математические методы в сейсмологии и геодинамике. М.: Наука, 1986. С.48-58. (Вычисл. сейсмология; Вып.19).
6. Долгосрочный прогноз землетрясений: Методические рекомендации / Под ред. акад. М.А. Садовского. М.: ИФЗ АН СССР. 1986. 127 с.
7. Дмитриева О.Е., Кейлис-Борок В.И., Кособоков В.Г., Кузнецов И.В. и др. Диагностика периодов повышенной вероятности сильных землетрясений в сейсмоопасных регионах СССР и ряда других стран // Численное моделирование и анализ геофизических процессов. М.: Наука. 1987. С.99-111. (Вычисл. сейсмология; Вып.20).
8. Keilis-Borok V.I. (ed.). Intermediate-term earthquake prediction: models, algorithms, worldwide tests // Phys. Earth Planet. Inter. 1990. Spec. Iss. 61, N 1/2.
9. Keilis-Borok V.I. The lithosphere of the Earth as a non-linear system with implications for earthquake prediction // Rev. Geophys. 1990. Vol.28. P.19-24.
10. Bhatia S.C., Chalam S.V., Gaur V.K., Keilis-Borok V.I., Kossobokov V.G. On intermediate-term prediction of strong earthquakes in the Himalayan arc region using pattern recognition algorithm M8 // Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet. Sci). 1989. Vol.98, N 1. P.111-123.
11. Brown D., Li Q., Nyland E., Weichert D.H. Premonitory seismicity patterns near Vancouver Island, Canada // Tectonophysics. 1989. N 167. P.299-312.
12. Kossobokov V.G., Rastogi B.K., Gaur V.K. On self-similarity of premonitory patterns in the regions of natural and induced seismicity // Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet. Sci). 1989. Vol.98, N 4. P.309-318.
13. Latoussakis J., Kossobokov V.G. Intermediate term earthquake prediction in the area of Greece: application of the algorithm M8 // PAGEOPH. 1990. Vol.134, N 2. P.261-282.
14. Keilis-Borok V.I., Knopoff L., Kossobokov V.G., Rotvain I.M. Intermediate-term prediction in advance of the Loma Prieta earthquake // Geophys. Res. Lett. 1990. Vol.17, N 9. P.1461-1464.
15. Keilis-Borok V.I., Kossobokov V.G. Times of increased probability of strong earthquakes ($M \geq 7.5$) diagnosed by algorithm M8 in Japan and adjacent territories // J. Geophys. Res. 1990. Vol.95, N B8. P.12413-12422.
16. Kossobokov V.G. Identification of times of increased probability for strong earthquakes occurrence in Apennines and Sicily // Proc. Con. "Irpina Dieci Anni Dopo", Sorrento, 19-24 November, 1990, Riassunti degli Interventi. 1990. P.153-158.
17. Healy J.H., Kossobokov V.G., Dewey J.W. A test to evaluate the earthquake prediction algorithm, M8 // U.S. Geological Survey Open-File Report 92-401. 1992. 23 p., with 6 appendices.
18. Global Hypocenter Data Base CD-ROM. NEIC/USGS. Denver, Co. 1989.
19. Quick Epicenter Determinations (QED). The NEIC/USGS Branch of Global Seismology and Geomagnetism On-line Information System. Denver, Co. 1989.
20. Геологическая карта Дальнего Востока. Масштаб 1:2500000 / Под ред. М.Л. Красного. 1970.
21. Кособоков В.Г., Хотлов А.В. Экспериментальный среднесрочный прогноз землетрясений в реальном времени: проверка алгоритма M8 // Математическое моделирование сейсмотектонических процессов в литосфере, ориентированное на проблему прогноза землетрясений. М.: МИТПРАН, 1993. Вып.1. С.53-60.
22. Kossobokov V.G. Intermediate-term changes of seismicity in advance of the Guam earthquake on August 8, 1993 // EOS Transaction. 1994. Vol.75, N 25. AGU, 1994. Western Pacific Geophysics Meeting, additional abstracts.