О вероятном сценарии развития афтершокового процесса после землетрясения 11 марта 2011 года в Японии

И. Н. Тихонов[1]

Получено 25 марта 2011; опубликовано 31 марта 2011.

Обсуждаются значительные аналогии в динамике афтершоков Великого Японского землетрясения 11 марта 2011 года с афтершоковыми последовательностями Суматра-Андаманского (2004 г., $M_w = 9,3$) и Симуширского (2006 г., $M_w = 8,3$) землетрясений. Отмечается подобие во времени для первого события и в пространстве (поле эпицентров афтершоков) – для второго. Высказывается предположение о возможности реализации повторного сильного толчка магнитудой около 8, смещенного относительно основного толчка в сторону глубоководного желоба. *КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: землетрясение; главный толчок; афтершоковые последовательности; сильнейший афтершок; поле эпицентров афтершоков; вероятный сценарий.*

Ссылка: Тихонов, И. Н. (2011), О вероятном сценарии развития афтершокового процесса после землетрясения 11 марта 2011 года в Японии, *Вестник ОНЗ РАН, 3,* NZ3001, doi:10.2205/2011NZ000102.

11 марта 2011 г. в 05:46 по Гринвичу (местное время 14:46) восточнее о-ва Хонсю (Япония) произошло катастрофическое землетрясение. По оперативным данным службы NEIC/USGS (Национальный центр информации о землетрясениях Геологической службы США) его гипоцентр находился в точке с координатами: $\varphi = 38,32^\circ$ с.ш., $\lambda = 142,37^\circ$ в.д. на глубине $h = 24,4$ км (Рис. 1). Масштаб разразившейся сейсмической катастрофы вряд ли кто из сейсмологов мог предположить – моментная магнитуда землетрясения оказалась равной $M_w = 9,0$.

Спустя 10 суток тем же сейсмологическим агентством было зарегистрировано около 630 афтершоков с $M = 4,6 - 7,1$. Преобладающее число гипоцентров находилось в интервале глубин $20 - 40$ км. Эпицентры повторных толчков покрыли огромную область протяженностью около 650 км с поперечным размером примерно 350 км от побережья о-ва Хонсю до глубоководного желоба и даже за желобом (Рис. 1).

Магнитуда сильнейшего афтершока, возникшего спустя 39 минут после главного толчка, составила 7,1. На момент подготовки данных материалов (13 суток спустя после главного события) это значение магнитуды так и не было превышено. Различие по силе между главным событием и сильнейшим за 13 суток афтершоком составляет около двух единиц магнитуды (или 1000-кратное по энергии). Естественно, возникает вопрос о том, каким будет дальнейший сценарий развития афтершоковой последовательности. На наш взгляд, имеющиеся данные NEIC/USGS уже позволяют обосновать один из возможных сценариев, предлагаемых ниже.

Сформулируем первое положение данного сценария: афтершок с максимальной магнитудой еще не реализовался, несмотря на огромное число зарегистрированных повторных толчков. Его вероятная магнитуда может составить величину $M = 8,0 \pm 0,5$.

Это утверждение основано на двух посылках. Во-первых, на закономерности, установленной М. Ботом [*Bath,* 1965] для разности магнитуд главного толчка и сильнейшего афтершока, которая обычно составляет 1,2 единицы магнитуды. Во-вторых, на аналогии хода афтершокового процесса, протекающего в настоящее время восточнее о-ва Хонсю, с афтершоковой серией Суматра-Андаманского землетрясения 26 декабря 2004 г. ($M_w = 9,3$).

Для описания афтершоков этого землетрясения воспользуемся также сведениями службы NEIC/USGS. В течение 10 суток после главного толчка было зарегистрировано около 540 повторных землетрясений с $M \geq 4,6$, то есть число, вполне сопоставимое с японской серией. Сильнейший афтершок за первые 13 суток имел магнитуду $M = 7,5$. Он возник спустя 3 часа 22 минуты после главного удара. Таким образом, число повторных толчков, магнитуда сильнейшего толчка и время его появления в обоих случаях на начальной стадии оказались сопоставимыми.

Чтобы спрогнозировать время возникновения сильнейшего афтершока, необходимо отслеживать процесс во времени, близком к реальному. Для землетря-

[1]Учреждение РАН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

© 2011 Геофизический центр РАН.
http://onznews.wdcb.ru/doi/2011NZ000102.html

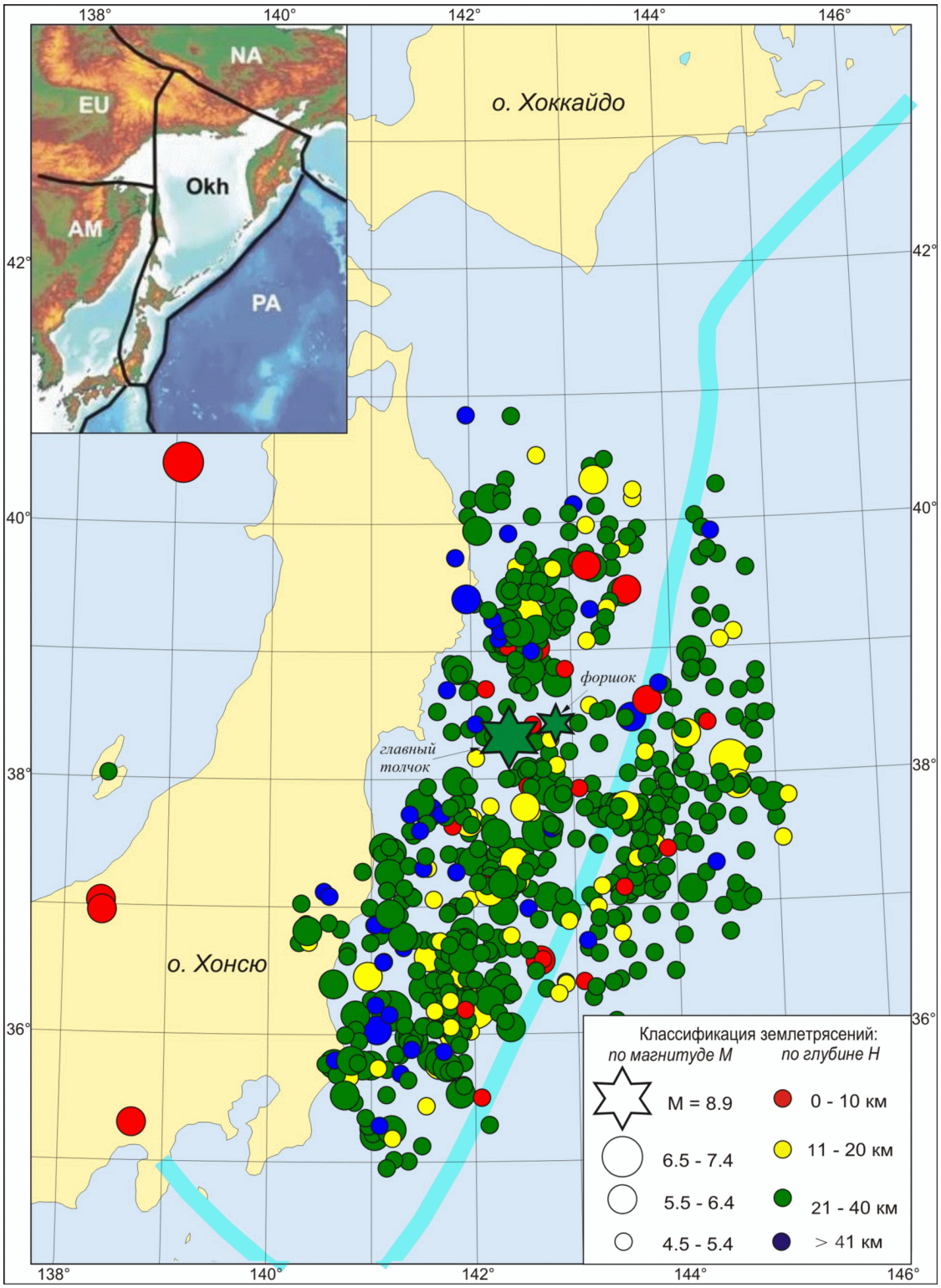

Рис. 1. Положение эпицентра главного толчка землетрясения 11 марта 2011 г. (большая звездочка), его форшока (маленькая звездочка) и афтершоков (кружки), зарегистрированных в течение 10 суток по данным оперативного каталога NEIC/USGS. Узкая полоса – ось глубоководного желоба. На врезке: региональная схема плитовых границ в модели [*Wei and Seno,* 1998]. NA – Североамериканская, EU – Евразийская, AM – Амурская, PA – Тихоокеанская, OKH – Охотская плиты.

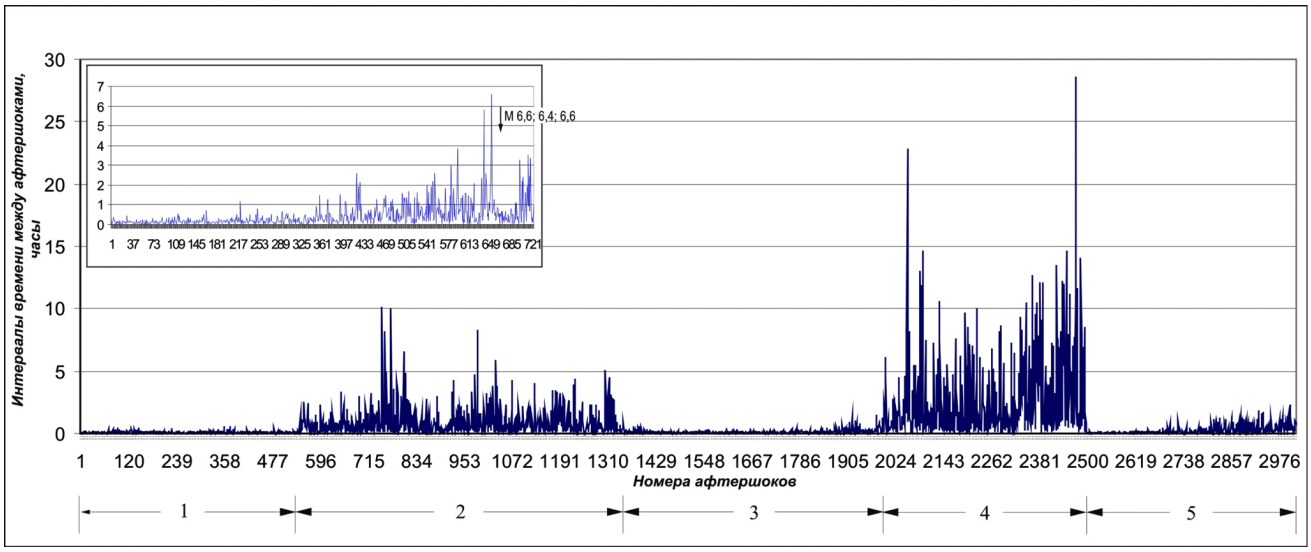

Рис. 2. Зависимость интервалов времени между афтершоками Суматра-Андаманского землетрясения 2004 г. от номеров повторных толчков. На врезке: аналогичный график для японского землетрясения 11 марта 2011 г. Область графика по горизонтальной оси разбита на 5 частей, соответствующих отдельным стадиям афтершокового процесса.

сений планетарного масштаба можно воспользоваться постоянно пополняемым Оперативным каталогом службы NEIC/USGS на сайте `http://earthquake.usgs.gov/regional/neic`. Продемонстрируем процедуру слежения на примере афтершоковой последовательности Суматра-Андаманского землетрясения 2004 г. На Рис. 2 показана зависимость интервалов времени между афтершоками Суматра-Андаманского землетрясения 2004 г. от номеров повторных толчков и аналогичный график для японского землетрясения 11 марта 2011 г. (врезка). Первый график разбит на 5 интервалов, соответствующих разным стадиям афтершокового процесса. Первый интервал длительностью двое суток – область наиболее интенсивной афтершоковой деятельности. Толчки следуют друг за другом с частотой более двух событий в час. Это “слепая” зона для каких-либо прогнозных заключений. Она также особенно трудна при обработке данных сейсмических станций.

Второй интервал – область, в которой запаздывание одного события относительно другого может составлять несколько часов. В этой области появляется возможность прогноза усиления сейсмической активности в результате возникновения повторных землетрясений с магнитудами около 6–7. Они возникают, как правило, тогда, когда отдельные интервалы между афтершоками (выбросы на графике) достигают 6–10 часов.

Толчки с $M = 6 - 7$ возбуждают вторичные афтершоки, что приводит к резкому снижению интервала между толчками (3-ий интервал). Для Суматра-Андаманского землетрясения такая ситуация имела место в период с 28 по 30 января 2005 г.

Четвертый интервал – наиболее важный для прогноза сильнейшего афтершока. Здесь отдельные выбросы на графике достигают суток и более. Начало данной стадии приходится на 30 января 2005 г., а окончание соответствует 28 марта 2005 г. в 13:37. Спустя 2,5 часа после этого возник сильнейший афтершок с $M = 8,6$. Время объявления тревоги в пределах данного интервала является предметом отдельного исследования и здесь не обсуждается.

Отметим ряд особенностей, присущих 4-му интервалу, которые могут иметь значение в плане прогноза сильнейшего афтершока, когда построения и анализ зависимости, подобной обсуждаемой, ведутся в реальном времени. Первая особенность – резкое торможение скорости потока событий при переходе от 3-го интервала к 4-му. Вторая – резкое возрастание изменчивости характера афтершокового процесса, выражающееся в большом разбросе отсчетов на Рис. 2, в том числе, в наличии аномальных выбросов. Столь разнообразное поведение афтершокового процесса может указывать на его неустойчивость. Это качественное описание можно переложить на язык количественных критериев и использовать при уточнении прогноза по мере дальнейшего развития афтершоковой последовательности японского землетрясения 11 марта 2011 г.

Пятый интервал отвечает наложению афтершоков главного события на повторные толчки сильнейшего афтершока, что снова приводит к резкому возрастанию числа землетрясений во времени.

Афтершоковый процесс японского землетрясения 11 марта 2011 г. на момент подготовки данной заметки (спустя 13 суток) проходит вторую стадию, на которой появляется возможность прогноза (после резких выбросов на графике) усиления активности за счет землетрясений с магнитудой около 6–7.

Теперь попробуем дать ответ на другой важный вопрос: если развитие афтершокового процесса пойдет по Суматра-Андаманскому сценарию, то где наиболее вероятно расположение очага с M около 8,0 и более? Сформулируем второе положение вероятного сценария: наиболее вероятным местоположением будущего сильнейшего афтершока следует считать область сгущения (кластера) афтершоков за глубоководным желобом. Данное положение основано на аналогии с динамикой заполнения области афтершоков, наблюдавшейся при сильнейших Симуширских землетрясениях 15 ноября 2006 г. ($M_w = 8,3$) и 13 января 2007 г. ($M_w = 8,1$) [*Тихонов и др.,* 2008].

На Рис. 1 можно увидеть, что область афтершоков восточнее о-ва Хонсю заполняется неравномерно. В пределах ее можно выделить основную область, которая примыкает к острову и дополнительную, вторичную область, расположенную севернее 37,0°с.ш. за глубоководным желобом, который служит в качестве разделяющей границы. При Симуширском землетрясении 15 ноября 2006 г. ($M_w = 8,3$) наблюдалась такая же ситуация. Образовались два кластера афтершоков: один вблизи о-ва Симушир, второй – в районе желоба. И второе землетрясение с магнитудой 8,1 произошло именно в этой области. При этом афтершоки первого землетрясения четко наметили область, где спустя два месяца случилось второе событие. Таким образом, не исключается возможность повторения в районе восточнее о-ва Хонсю такого же сценария, как на Средних Курильских островах.

В заключение отметим, что предложенный сценарий не исключает другие версии продолжения афтершокового процесса и должен рассматриваться как один из возможных вариантов.

Литература

Тихонов И. Н., Н. Ф. Василенко, Д. Е. Золотухин, Т. Н. Ивельская, А. А. Поплавский, А. С. Прытков, А. И. Спирин (2008), Симуширские землетрясения и цунами 15 ноября 2006 года и 13 января 2007 года, *Тихоокеанская геология, 27*, №1, 3–17.

Bath M. (1965), Lateral inhomogeneities of the upper mantle, *Tectonophysics, 2*, №6, 483–514.

Wei D., T. Seno (1998), Determination of the Amuruan plate motion, in Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia, *Geodyn. Ser., 27*, AGU, Washington, 419.

И. Н. Тихонов, Учреждение РАН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки 1б, г. Южно-Сахалинск, Россия. (tikhonov@imgg.ru)