

УДК 550.34

## **ВЫДАЮЩЕЕСЯ ДОСТИЖЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК: УСПЕШНЫЙ ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ЯПОНИИ 11 МАРТА 2011 г.**

© 2011 г. А.Я. Сидорин

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

Сейсмическая катастрофа в Японии была заблаговременно предсказана сотрудниками Российской академии наук. Наиболее надежный прогноз дал ведущий научный сотрудник Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта А.А. Любушин. В период с 2008 по 2010 гг. предупреждение о возможности возникновения в районе Японии землетрясения магнитудой 8.5–9.0 А.А. Любушин представил на ряде крупнейших международных конференций, в том числе Сейсмологического общества Японии, опубликовал в ведущих научных журналах, распространяемых по всему миру на английском языке. 26 апреля 2010 г. он официально уведомил о прогнозе Российский экспертный совет по прогнозу землетрясений и оценке сейсмической опасности. Отличительная особенность этих результатов состоит в использовании огромных массивов данных регистрации микросейсмических колебаний на территории Японии и современных методов их математической обработки. Прогноз имеет надежное физическое обоснование и наглядную интерпретацию. Приводится краткая информация о результатах других российских исследований по поиску предвестников основного толчка и афтершоков землетрясения в Японии 11 марта 2011 г.

*Ключевые слова:* землетрясение, Япония, прогноз, Российская академия наук.

11 марта 2011 г. у берегов Японии произошло катастрофическое землетрясение. Многие ученые считали, что возникновение в этом регионе столь сильных землетрясений вообще невозможно. 17 марта 2011 г. на заседании Проблемного совета «Сейсмичность Земли, природные и природно-техногенные катастрофы» Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН) А.А. Любушин сделал обзор опубликованных им работ, в которых возникновение этого землетрясения было заблаговременно и достаточно точно предсказано на строго научной основе. После доклада мною было сделано предложение А.А. Любушину оперативно опубликовать результаты его исследований в журнале «Геофизические процессы и биосфера» с учетом уже случившегося землетрясения, подтвердившего правильность прогноза, сделанного им ранее. Аналогичное предложение о публикации результатов исследований по изучению землетрясения 11 марта 2011 г. и поиску его предвестников было сделано директору Международного ин-

ститута теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН члену-корреспонденту РАН А.А. Соловьеву. На это предложение откликнулись сотрудники этого института П.Н. Шебалин, М.В. Родкин и В.Г. Кособоков. Подготовить статьи согласились и сотрудники Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (М.Б. Гохберг, А.И. Лутиков, О.В. Павленко, Е.А. Рогожин, С.Л. Шалимов, С.Л. Юнга и др.), прислали свои статьи сотрудники и других учреждений Российской академии наук: Геофизической службы, Института океанологии им. П.П. Ширшова, ОКБ океанологической техники, Института морской геологии и геофизики ДВО, Института водных проблем и др.

В статьях рассматриваются различные аспекты землетрясения и его последствий, в том числе возникновение цунами и возмущений в ионосфере. Материалов оказалось неожиданно много, причем их тематика достаточно разнообразна. Поэтому было принято решение о публикации их в журналах «Геофизические процессы и биосфера», «Вопросы инженерной сейсмологии», «Сейсмические приборы», которые переводятся на английский язык. Соответствующее объявление сделано на сайте ИФЗ РАН ([www.ifz.ru](http://www.ifz.ru)) 25 марта 2011 г.

В представляемом номере размещены статьи А.А. Любушина [2011a], П.Н. Шебалина [2011], М.Б. Гохберга с соавторами [2011], а также М.В. Родкина и И.Н. Тихонова [2011]. До 15 апреля планируется выпустить еще один номер журнала «Геофизические процессы и биосфера», посвященного изучению землетрясения 11 марта 2011 г. В журнале «Вопросы инженерной сейсмологии» будут статьи, посвященные цунами 11 марта 2011 г. Особый интерес вызывает статья А.А. Любушина [2011б], в которой впервые публикуются результаты успешного прогноза, на этот раз ретроспективного, места возникновения землетрясения 11 марта 2011 г.

А.А. Любушин [2011a] на основе современных математических методов разработал оригинальную технологию анализа многомерных временных рядов микросейсмических колебаний в земной коре. В работе использовались значения вертикальной компоненты записей с шагом по времени 1 с, полученных на сети широкополосных сейсмических станциях F-net в Японии. В ходе разработки методики и анализа реальной информации были обработаны огромные массивы данных за более чем 14 лет непрерывных наблюдений с начала 1997 г. по февраль 2011 г.

Физическая основа разработанного А.А. Любушиным [2011a,б] метода прогноза – предположение, что изменения статистических свойств микросейсмических колебаний отражают изменения свойств литосферы. Анализировались следующие параметры микросейсмических колебаний:  $\Delta\alpha$  – ширина носителя мультифрактального спектра сингулярности;  $\alpha^*$  – обобщенный показатель Херста;  $\rho$  – индекс линейной предсказуемости;  $\kappa$  – коэффициент множественной корреляции;  $\mu$  – кластерная экспонента. Указанные параметры характеризуют различные свойства анализируемых микросейсмических колебаний:  $\Delta\alpha$  – степень разнообразия их случайного поведения (уменьшение  $\Delta\alpha$  – признак уменьшения числа степеней свободы среды);  $\alpha^*$  описывает закон убывания размаха случайных колебаний на временном интервале при уменьшении длины этого интервала;  $\rho$  – сложность случайных колебаний (чем больше  $\rho$ , тем колебания проще устроены);  $\kappa$  – обобщение коэффициента парной корреляции на многомерный случай;  $\mu$  показывает, насколько хорошо двухгодичное облако из 7 параметров микросейсмического шума, вычисляемых каждый день, разбивается на число групп (кластеров), варьируемых от 40 до 1.

Анализ характера комплекса временных рядов рассмотренных выше параметров позволил с высокой степенью надежности установить, что начиная с июля 2002 г. в районе начался процесс синхронизации параметров поля низкочастотных микросейсмических колебаний. Отметим, что увеличение радиуса корреляции, уменьшение разнообразия – общая

черта перехода сложных динамических систем в неустойчивое состояние вблизи критических точек накануне приближающейся катастрофы [Gilmore, 1993; Лукк и др., 1996]. Процесс синхронизации поля микросейсмических колебаний предшествовал возникновению 25 сентября 2003 г. в северной оконечности исследуемого региона, вблизи о. Хоккайдо, сильного землетрясения магнитудой  $M_w=8.3$ . Этот пример послужил материалом обучения при принятии решения об объявлении тревоги возникновения в регионе еще более сильного землетрясения.

Оказалось, что график изменения коэффициента корреляции между параметрами  $\bar{\alpha}^*(s)$  и  $\Delta\alpha(s)$  содержит две яркие аномалии – острые минимумы в 2002 и 2009 гг. Поскольку после первой аномалии 2002 г. последовало крупное землетрясение 25.09.2003 г., логично было предположить, что второй острый минимум коэффициента корреляции также может быть предвестником будущего еще более сильного события во второй половине 2010 г. Этот и другие графики позволили сделать вывод [Lyubushin, 2010; Любушин, 2011а], что начиная с середины 2010 г. в Японии следует ждать катастрофического землетрясения с  $M=8.5-9.0$ .

Этот прогноз был представлен в конце ноября 2008 г. на 7-й Генеральной ассамблее Азиатской сейсмологической комиссии и Осенней конференции Сейсмологического общества Японии [Lyubushin, 2008]. Используя аналогии с поведением системы связанных осцилляторов, А.А. Любушин интерпретировал землетрясение 25 сентября 2003 г. в качестве форшока еще более сильного землетрясения. 26 апреля 2010 г. А.А. Любушин направил в Российский экспертный совет по прогнозу землетрясений и оценке сейсмической опасности предупреждение о возможности возникновения в Японии сильного землетрясения уже в июле 2010 г. В тезисах доклада на 32-й Генеральной ассамблее Европейской сейсмологической комиссии, состоявшейся в начале сентября 2010 г., было сказано: «с июля 2010 г. Японские острова переходят в состояние ожидания сильного землетрясения» [Lyubushin, 2010].

Работа российского ученого, сотрудника Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта, А.А. Любушина имеет не только мировое, но и историческое значение. Ее следует рассматривать как действительно первый в мировой практике случай строго научного прогноза сильного землетрясения. В спорах о том, предсказуемы землетрясения или нет, можно поставить точку. К сожалению, к предупреждению А.А. Любушина не прислушались. А за это время, видимо, можно было принять эффективные меры, например, по защите атомных станций.

В статье П.Н. Шебалина [2011] получены оценки эффективности прогнозного алгоритма RTP (обратного отслеживания предвестников), подтвердившие гипотезу широкомасштабной краткосрочной активизации перед сильнейшими землетрясениями в районе Японии. Показано наличие предвестников землетрясения 11 марта 2011 г., однако по техническим причинам результаты удалось опубликовать после землетрясения.

В работе [Гохберг и др., 2011] в результате анализа данных сети GPS обнаружен отклик ионосферы на движение водной поверхности, возникшее после землетрясения. В области над эпицентром через 8.7 мин после события зарегистрированы вариации полного электронного содержания. Характерную форму сигнала предложено использовать в службе раннего оповещения о генерации цунами.

Работа М.В. Родкина и И.Н. Тихонова [2011] содержит важный для практики вывод о повышенной вероятности возникновения в эпицентральной зоне землетрясения 11 марта 2011 г. сильного повторного толчка магнитудой  $M \geq 7.5$ . Наиболее вероятное время его реализации – интервал со второй декады апреля до середины июня 2011 г.

## Литература

- Гохберг М.Б., Стеблов Г.М., Шалимов С.Л., Вейс В.А., Грехова Е.А.* Ионосферный отклик на подводное землетрясение в Японии 11.03.2011 г. по наблюдениям со спутников GPS // Геофизические процессы и биосфера. 2011. Т. 10, № 1. С. 47–63.
- Лукк А.А., Деццерецкий А.В., Сидорин А.Я., Сидорин И.А.* Вариации геофизических полей как проявление детерминированного хаоса во фрактальной среде. М.: ОИФЗ РАН, 1996. 210 с.
- Любушин А.А.* Сейсмическая катастрофа в Японии 11 марта 2011 г.: долгосрочный прогноз по низкочастотным микросейсам // Геофизические процессы и биосфера. 2011а. Т. 10, № 1. С. 9–35.
- Любушин А.А.* Анализ микросейсмического шума дал возможность оценить магнитуду, время и место сейсмической катастрофы в Японии 11 марта 2011 г. // Наука и технологические разработки. 2011б. Т. 90, № 1.
- Родкин М.В., Тихонов И.Н.* Мегаземлетрясение в Японии 11 марта 2011 года: величина события и характер афтершоковой последовательности // Геофизические процессы и биосфера. 2011а. Т. 10, № 1. С. 64–80.
- Шебалин П.Н.* Широкомасштабная краткосрочная активизация сейсмичности перед сильнейшими землетрясениями Японии и Курил // Геофизические процессы и биосфера. 2011. Т. 10, № 1. С. 36–46.
- Gilmore R.* Catastrophe theory for scientists and engineers. New York: Dover Publ., 1993. 666 p.
- Lyubushin A.A.* Multifractal properties of low-frequency microseismic noise in Japan, 1997–2008 // Book of abstracts of 7th General Assembly of the Asian Seismological Commission and Japan Seismological Society. Fall meeting. Tsukuba, Japan, 24–27 Nov., 2008. 2008. P. 92.
- Lyubushin A.A.* Synchronization phenomena of low-frequency microseisms // European Seismological Commission, 32nd General Assembly, Sept. 06–10, 2010, Montpellier, France: Book of abstr. Ses. ES6. 2010. P. 124.

### Сведения об авторе

**СИДОРИН Александр Яковлевич** – кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123995, ГСП-5, Москва, Д-242, ул. Большая Грузинская, д. 10. Тел.: (499) 254-42-68. E-mail: sidorin@ifz.ru

## A PROMINENT ACHIEVEMENT OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES: SUCCESSFUL FORECAST OF THE JAPAN EARTHQUAKE OF 11 MARCH, 2011

**A.Ya. Sidorin**

Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract.** The seismic catastrophe of 11 March, 2011 in Japan was successfully forecasted by scientists of the Russian Academy of Sciences. The most reliable forecast was made by A.A. Lyubushin. The forecast was based on physics and statistics. In 2008–2010, the results were presented in advance of the event at various international meetings and published in various journals.

**Keywords:** earthquake, Japan, forecast, Russian Academy of Sciences.