

THE LONG-TERM EARTHQUAKE FORECAST FOR THE KURIL-KAMCHATKA ARC FOR 2011 - 2016

Sergei A. Fedotov, Alexey V. Solomatin, Sergey D. Chernyshev

Institute of Volcanology and Seismology, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Russia

karetn@list.ru, fedotov@kscnet.ru, alf55@mail.ru, chernsd@gmail.com

More 40 years ago a number of essential regularities has been noted by S.A. Fedotov at research of the Kuril-Kamchatka seismogenic region seismicity. Major of them are «seismic gaps» and «seismic cycle» of the strongest earthquakes. In 1965-1968 the method of the long-term earthquake forecast for the Kuril-Kamchatka region and Northeast Japan on the basis these and some other regularities has been proposed by S.A. Fedotov [1]. This method is successfully applied till now. The values of the seismic process parameters for previous 5 years in the most seismically active strip of the Kuril-Kamchatka seismogenic region (total length of 2100 km, width 100 km and depths of the hypocenters of 0-80 km) are the initial basis for the specified method long-term earthquake forecasts [1-3]. Now a number of values for 20 areas, comparable on the size with the strongest earthquakes areas, for the following fifth years is predicted [2-3]:

- the seismic cycle phase (I - the previous strongest earthquake aftershock period, II - the long stable seismic energy accumulation phase, III – the seismic activation before the following strongest earthquake);
- the seismic gaps locations - areas in which a last strongest earthquake was more than 80 years ago;
- the expected seismic activity A_{10} (the rationed number of the weak, $K_S=10$ or $M=3.6$, earthquakes);
- the magnitude of the average magnitude earthquakes, which are expected with the probability equal to 0.8, 0.5, and 0.15;
- the magnitude of the expected strongest earthquakes and the probability of the $M \geq 7.7$ earthquakes.

The D parameter (a released seismic energy rationed value) and A_{11} (a seismic activity defined on the basis of the average earthquakes with $K_S=11$ or $M=4.3$) are used together with the A_{10} parameter.

The seismic process has the complex, unstable character at the III phase. It is accompanied by the short-term quiescence periods. Nevertheless, the received for the extensive time and area intervals data show, that within the last 5-10 years of the seismic cycle the essential seismic process activation is observed. This fact is the basis for the seismic gaps danger definition. The III seismic cycle phase probability for the seismic gaps is proportional to $1-B = 1-P(A_{10}) \cdot P(D) \cdot P(A_{11})$, where $P(A_{10})$, $P(D)$, and $P(A_{11})$ are the accidental appearance probabilities for the observable values A_{10} , D , and A_{11} at the II (quiet) seismic cycle phase.

The earthquake forecasts are updated twice a year or more often. Their results are compared to the other methods forecasts data [2, 3].

For the more than 40-year-old period of the method application the following strongest earthquakes have been successfully predicted: on Kuril islands (1969, 1973, 1978, 1994 and 2006), on Kamchatka (1971 and 1997). All these earthquakes filled the seismic gaps among the 2-3 most dangerous ones [2, 3, etc.].

The last published forecast has been given in October, 2010. It has confirmed the earlier conclusions concerning the extremely high seismic danger for the Petropavlovsk-Kamchatskiy city [3].

From the method initial time it was applied also to the strongest earthquakes forecast in the Northeast Japan region. The place of the strongest earthquake 1968 near the island Honshu forecast was the first success of the method.

Afterwards the method was successfully used in 2004 at the retrospective Hokkaido 15.XI 2003, $M=8.1$ earthquake forecast, and in 2005 at construction of the long-term earthquake forecast for

2005-2010, when the extensive seismic gap near Honshu island has been detected (this gap was filled 11.III 2011 by the $M = 9$ catastrophic earthquake).

In connection with the earthquake 11.III 2011 ecological aftermath, when the atomic power station blocks in a province Fukushima (Japan) were damaged, it is necessary to notice, that in 1975-1976 under the director of Institute of Volcanology of S.A. Fedotov insisting the inadmissible dangerous building of an atomic power station near to Petropavlovsk-Kamchatskiy has been stopped. The correctness of this decision is confirmed by the last long-term earthquake forecast.

The important part of the long-term earthquake forecast method, concerning the probability of the strongest earthquakes foreshocks and aftershocks estimation - «the foreshocks and aftershocks scenario», was offered in 1994, and justified in practice. These estimations can be used at planning of the activity, concerning the seismic safety as directly ahead of the strongest earthquake - in the form of its short-term forecast, and after it - for the danger aftershock estimation at the rescue and restorative works.

This long-term earthquake forecast method can be used in other, similar on seismotectonic conditions, regions, and also for the long-term tsunami forecast.

The long-term earthquake forecasts data have been important as arguing for taking advance measures for seismic safety, seismic protection, and retrofitting. On their basis in 1986-2001 it were issued 6 of the USSR, RSFSR, and the Russian Federation Governmental Decisions and Orders. In 2006-2008 a number of the Commissions has been given by the Presidents of the Russian Federation V.V. Putin and D.A. Medvedev for purpose of enhancing the earthquake resistance of residential buildings, major facilities, life-support systems of the Kamchatskiy Kray (Kamchatka area) and the Sakhalin area in 2009-2013. This works have begun in Petropavlovsk-Kamchatskiy since October, 2010.

References:

1. Fedotov S.A. On Patterns Observed in the Locations of Large Earthquakes in Kamchatka, the Kuril Islands, and Northeastern Japan. Trudy IFZ AN SSSR, 1965, no. 36, pp. 66-93 (in Russian).
2. Fedotov S.A. Long-term Earthquake Prediction for the Kuril-Kamchatka Arc. Moscow: Nauka, 2005. 302 p. (in Russian).
3. Fedotov S.A., Solomatin A.V., Chernyshev S.D. A Long-Term Earthquake Forecast for the Kuril-Kamchatka Arc for the Period from September 2010 to August 2015 and the Reliability of Previous Forecasts, as well as their Applications // Journal of Volcanology and Seismology. 2011. Vol. 5, No 2. P. 75 – 99.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ДЛЯ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ДУГИ НА 2011 – 2016 гг.

С.А. Федотов, А.В. Соломатин, С.Д. Чернышев

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, karetn@list.ru, fedotov@kscnet.ru, alf55@mail.ru, chernsd@gmail.com

Более 40 лет назад при исследовании сейсмичности Курило-Камчатской сейсмогенной зоны С.А. Федотовым был выделен ряд пространственно-временных закономерностей, важнейшими из которых являются «сейсмические бреши» и «сейсмический цикл» сильнейших землетрясений. В 1965-1968 гг. на основе этих и некоторых других закономерностей С.А. Федотовым был предложен метод долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатского региона и Северо-Восточной Японии [1-3], успешно применяемый до настоящего времени.

Исходной основой для составления долгосрочных сейсмических прогнозов на основе указанного метода являются данные о параметрах сейсмического процесса за предшествующие 5 лет в наиболее сейсмически активной полосе Курило-Камчатской сейсмогенной зоны общей длиной 2100 км, шириной 100 км и с глубинами очагов 0-80 км [1-3].

В настоящее время для 20 участков, сравнимых по размеру с очагами сильнейших землетрясений, на следующее пятилетие прогнозируется ряд величин [2-3]:

- стадии сейсмического цикла (I - афтершоковый период сильнейшего землетрясения, II - длительная стабильная стадия накопления сейсмической энергии, III - сейсмическая активизация перед следующим сильнейшим землетрясением);
- положение сейсмических брешей - участков, в которых последнее сильнейшее землетрясение было более чем 80 лет назад;
- ожидаемая сейсмическая активность A_{10} (нормированное количество слабых, $K_s=10$ или $M=3.6$, землетрясений);
- величины магнитуд землетрясений средней силы, ожидающиеся с вероятностью 0.8, 0.5 и 0.15;
- максимальные магнитуды ожидаемых сильнейших землетрясений и вероятности землетрясений с $M \geq 7.7$.

К используемым в методе сейсмическим параметрам вместе с A_{10} относятся также D - относительная величина сброшенной сейсмической энергии и A_{11} - сейсмическая активность, определяемая на основе землетрясений средней силы ($K_s=11$ или $M=4.3$).

Сейсмический процесс на заключительной III стадии носит сложный, нестабильный характер, сопровождается возникновением кратковременных периодов затиший. Тем не менее, данные, полученные для больших пространственно-временных интервалов, показывают, что в течение последних 5-10 лет сейсмического цикла наблюдается его существенная активизация. Этот факт является основой для определения опасности сейсмических брешей. Вероятность наступления III стадии сейсмического цикла в наиболее сейсмически опасных участках - сейсмических брешах - пропорциональна величине $1-B = 1 - P(A_{10}) * P(D) * P(A_{11})$, где $P(A_{10})$, $P(D)$ и $P(A_{11})$ – вероятности случайного появления наблюдаемых значений A_{10} , D и A_{11} на II (спокойной) стадии сейсмического цикла [2, 3] и др.

Сейсмические прогнозы обновляются дважды в год или чаще. Их результаты сравниваются с данными прогнозов, полученными на основе других методов [2, 3].

За более чем 40-летний период применения метода были успешно предсказаны следующие сильнейшие землетрясения: на Курильских о-вах (1969, 1973, 1978, 1994 и 2006 гг.), на Камчатке (1971 и 1997 гг.). Все эти землетрясения заполняли те сейсмические бреши, которые относились к числу 2-3 наиболее опасных [2, 3] и др.

Последний опубликованный прогноз был дан в октябре 2010 г. Он подтвердил сделанные ранее выводы о чрезвычайно высокой сейсмической опасности в районе г. Петропавловск-Камчатский [3].

С самого начала метод применялся также для прогноза сильнейших землетрясений Северо-Восточной Японии, где первым успехом был прогноз места сильнейшего землетрясения возле о-ва Хонсю, оправдавшийся в 1968 г. [2]. Впоследствии метод успешно оправдался в 2004 г. при построении ретроспективного прогноза сильнейшего землетрясения возле о. Хоккайдо 15.XI 2003 г., $M=8.1$ и в 2005 г., когда при построении пробного сейсмического прогноза для Северо-Восточной Японии на 2005-2010 гг. была указана протяженная сейсмическая брешь возле о. Хонсю, заполнившаяся 11.III 2011 г. в результате катастрофического землетрясения с $M = 9$.

В связи с экологическими последствиями землетрясения 11.III 2011 г., повредившего блоки атомной электростанции в провинции Фукусима (Япония), необходимо отметить, что в 1975-1976 гг. по настоянию директора Института вулканологии С.А. Федотова было остановлено недопустимо опасное строительство атомной электростанции вблизи Петропавловска-Камчатского. Правильность такого решения подтверждают последние долгосрочные сейсмические прогнозы.

Важной частью метода долгосрочного сейсмического прогноза является предложенный в 1994 г., и оправдавший себя на практике метод оценки вероятности сильных ($M \geq 6.0$) форшоков и афтершоков сильнейших землетрясений – «сценарий форшоков и афтершоков». Эти оценки могут быть использованы при планировании действий по обеспечению сейсмической безопасности как непосредственно перед сильнейшим землетрясением – в виде его краткосрочного прогноза, так и после него – для оценки опасности афтершоков в период спасательно-восстановительных работ.

Метод долгосрочного сейсмического прогноза С.А. Федотова может быть использован и для других, сходных по сеймотектоническим условиям регионов, а также для долгосрочного прогноза цунами.

Данные долгосрочных сейсмических прогнозов по методу С.А. Федотова явились обоснованием для принятия государственных заблаговременных мер по сейсмобезопасности, сейсмозащите и сейсмоусилению. На их основе в 1986-2001 гг. было принято 6 соответствующих Решений и Постановлений Правительства СССР, РСФСР и РФ. В 2006-2008 гг. был дан ряд Поручений президентов РФ В.В. Путина и Д.А. Медведева по обеспечению сейсмобезопасности, проведению сейсмоусиления жилого фонда и объектов социальной сферы в Камчатском крае, а также по выделению средств на эти цели из федерального бюджета. В 2009 г. правительство РФ выделило такие средства Камчатскому краю и Сахалинской области, и с октября 2010 г. в г. Петропавловск-Камчатский ведутся интенсивные работы по сейсмоусилению.

Литература:

1. Федотов С.А. О закономерностях распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских островов и северо-восточной Японии // Тр. ИФЗАН СССР. 1965. № 36. С. 66-93.
2. Федотов С.А. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги. М.: Наука, 2005. 302 с.
3. Федотов С.А., Соломатин А.В., Чернышев С.Д. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги IX 2010 – VIII 2015 гг., достоверность предыдущих прогнозов и их применение. // Вулканология и сейсмология. 2011. № 2. С. 3-27.