

Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на XI 2016 – X 2021 гг., его развитие и применение; особенности сейсмичности Курило-Камчатской дуги до и после глубокого Охотоморского землетрясения 24.V 2013 г., $M = 8,3$

С.А. Федотов^{1,2}, А.В. Соломатин¹, А.В. Кирюхин¹

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

² *Институт физики Земли РАН, Москва*

Рассматриваются результаты работ по методу долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги (ДССП). Дан прогноз на следующие 5 лет, XI 2016 – X 2021 гг. Рассматривается развитие сейсмического процесса Курило-Камчатской сейсмогенной зоны до и после глубокого Охотоморского землетрясения 24.V 2013 г., $M = 8,3$. Полученные результаты подтверждают высокую сейсмическую опасность в районе г. Петропавловск-Камчатский и полную необходимость продолжения работ по сейсмоукреплению и сейсмобезопасности.

Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на XI 2016 – X 2021 гг. (по оценкам на ноябрь 2016 г.)

Данный апробированный метод долгосрочного сейсмического прогноза основан на закономерностях размещения очагов сильнейших землетрясений (сейсмические бреши) и сейсмического цикла [1-5 и др.]. Последнее изложение метода ДССП, дополнений к нему и прогноз для Курило-Камчатской дуги на IV 2016 – III 2021 гг. приведены в работе [5].

В соответствии с полученными данными наиболее вероятными местами следующих сильнейших землетрясений с $M \geq 7,7$ и глубиной очагов $H \leq 80$ км на период XI 2016 – X 2021 гг. остаются следующие участки (рис. 1):

- для Южной Камчатки, участок 11б, вероятность землетрясения с $M \geq 7,7$, $P(M \geq 7,7)$ в указанный период, имеющего силу до 8 баллов в г. Петропавловск-Камчатский, равна 19,5 %;
- для Авачинского залива, участок 12б, вероятность такого землетрясения силой до 9 баллов в г. Петропавловск-Камчатский, равна 13,2 %.

Суммарная вероятность землетрясений с $M \geq 7,7$ в участках 11а, 11б, 12а, 12б, 13а, 13б, которые могут иметь силу 7-9 баллов в г. Петропавловск-Камчатский может достигать на следующее пятилетие 45,5 %.

На Курильских островах наиболее высока сейсмическая опасность в районе Средних Курильских о-вов (6, 8 и 9 участки) – общая пятилетняя вероятность сильнейшего землетрясения $M \geq 7,7$ здесь составляет 28,0 %. Эта обширная сейсмическая брешь является второй по степени сейсмической опасности.

Таким образом, в связи с очень высокой сейсмической опасностью в Камчатском сегменте дуги необходимо вести усиленные наблюдения за сейсмичностью в участках 11, 12 и 13, особенно в Авачинском заливе в районе г. Петропавловск-Камчатский, наиболее вероятном месте очага следующего в регионе 9-ти балльного землетрясения (участок 12б). Эти участки относятся к числу первых, в которых необходимо продолжение работ по долгосрочному сейсмическому прогнозу, другим методам сейсмического прогноза и оценке сейсмического риска. В полной мере сохраняется необходимость неотложных мер по сейсмобезопасности, повышению устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в Камчатском крае.

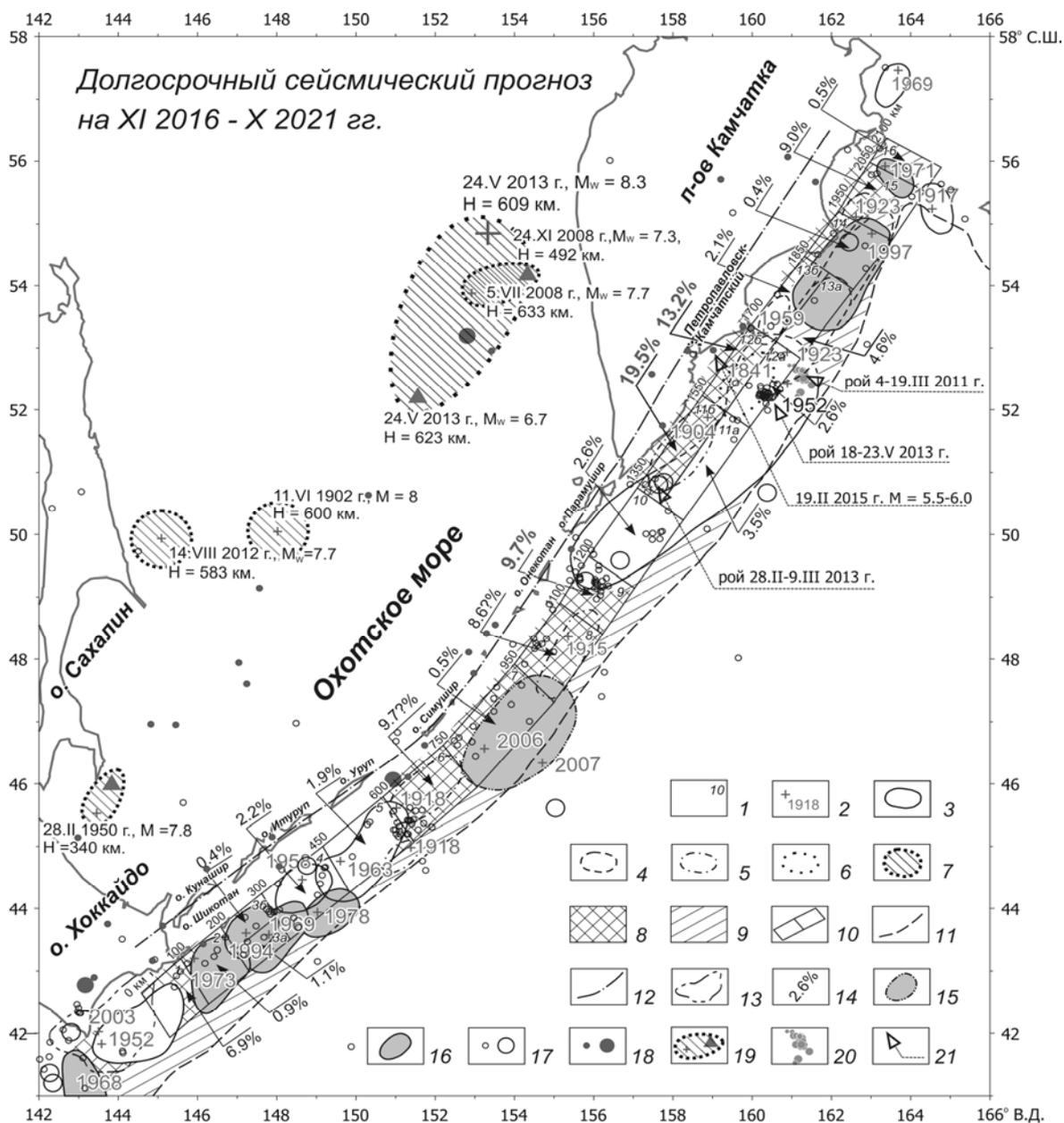


Рис. 1. Карта долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги. Условные обозначения: 1 - номера участков; 2 - инструментальные эпицентры главных толчков землетрясений с $M \geq 7,7$; 3-7 - границы очагов землетрясений с $M \geq 7,7$, проведенные с разной точностью; 8-9 - наиболее вероятные и возможные места следующих землетрясений с $M \geq 7,7$; 10 - границы участков прогноза; 11-12 - оси глубоководных желобов и вулканического пояса; 13 - границы очага землетрясения у Хоккайдо 25.IX 2003 г., $M = 8,1$; 14 - вероятности землетрясений $M \geq 7,7$ в XI 2016 - X 2021 гг.; 15-16 - область очага предсказанного землетрясения 15.XI 2006 г., $M = 8,2$ и области очагов других землетрясений с $M \geq 7,7$, которые произошли в предсказанных сейсмических брешах; 17 - эпицентры неглубоких землетрясений, произошедших в период 24.X 2011 - 23.X 2016 гг., меньший кружок, соответствует $mb = 5,0-5,9$, больший - $mb = 6,0-7,3$, $H < 80$ км; 18 - то же с $H \geq 80$ км; 19 - эпицентры и предположительные области очагов глубоких ($H > 300$ км) сильнейших землетрясений, треугольники - положение их главных афтершоков; 20 - рой землетрясений 4-19.III 2011 г., $M_{max} \leq 5,2$, $H < 80$ км; 21 - рой землетрясений 28.II - 9.III 2013 г., $M_{max} = 6,9$, и 18-23.V 2013 г., $M_{max} = 6,1$, $H < 80$ км. Средняя вероятность возникновения курило-камчатских землетрясений с $M \geq 7,7$ в одном месте в течение 5 лет равна 3,6-4,2%.

Работы по сейсмоукреплению и новому сейсмостойкому строительству в г. Петропавловск-Камчатский, успешно начатые осенью 2010 г., должны продолжаться и расширяться и в последующих годах. Для сокращения и предотвращения грозящих тяжелых потерь населения в г. Петропавловск-Камчатский ежегодно должно существенно возрастать количество граждан, живущих в сейсмоустойчивых домах.

Приведенный долгосрочный сейсмический прогноз землетрясений с $M \geq 7,7$ для Курило-Камчатской дуги на XI 2016 – X 2021 гг. используется, как это делалось с предыдущими прогнозами 1985-2016 гг., для обоснования государственных мер по сейсмозащите и сейсмоукреплению.

Сейсмичность Курило-Камчатского региона в I2008 – III2016 гг.

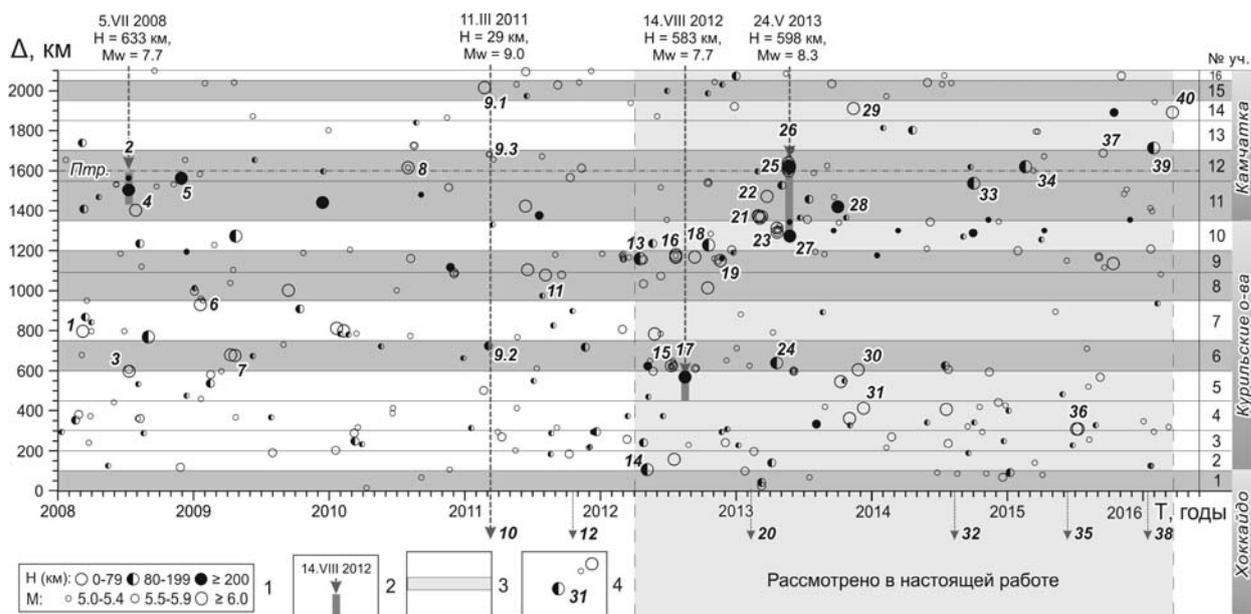


Рис. 2. Пространственно-временная развертка сейсмического процесса вдоль Курило-Камчатской островной дуги в I 2008 – III 2016 гг. Расстояние Δ км соответствует проекции эпицентров землетрясений на центральную линию вдоль наиболее активной части ее сейсмогенной зоны, участки 1-16 на рис. 1. Номерами выделены активизации, связанные с землетрясениями $K_S \geq 14$.

Сейсмический процесс на Курило-Камчатской дуге в 2008-2013 гг. исследовался в [5]. Ниже рассмотрено дальнейшее развитие сейсмического процесса в пределах Курило-Камчатской дуги в X 2013 – III 2016 гг. Для изучения временной связи сейсмических событий рассматривалась пространственно-временная развертка сейсмического процесса внутри и за границами полосы прогноза шириной 100 км (рис. 1) во всем наблюдавшемся диапазоне глубин (0-650 км).

Перед глубоким охотоморским землетрясением 14.VIII 2012 г., $M = 7,7$, $H = 583$ км, в течение 4 месяцев перед ним наблюдались сейсмические активизации и землетрясения с $M = 5,6-6,0$ в расположенных над ним в сейсмических брешах Курильского сегмента дуги – участках 1, 6, 7 и 9, события № 13-16, рис. 2.

В период между глубокими землетрясениями 14.VIII 2012 г., $M = 7,7$, $H = 583$ км и Охотоморским землетрясением 24.V 2013 г., $M = 8,3$, № 26, на глубине менее 200 км происходило перемещение (стягивание) гипоцентров землетрясений № 18, 19, 21-23, 25 от сектора участка 6 к секторам 11-12 – проекции очага сильнейшего Охотоморского землетрясения 24.V 2013 г., рис. 2.

Таким образом, в целом в период 2012-2013 гг. наблюдалась миграция сейсмичности неглубоких землетрясений Курило-Камчатской сейсмогенной зоны и ее промежуточных землетрясений с глубиной очага 80-200 км в сторону секторов, проекций очагов следующих глубоких землетрясений с $M \geq 7,7$ на верхнюю часть дуги. Такие явления согласуются с моделью взаимосвязи землетрясений на всем протяжении глубин погружающихся литосферных плит [6 и др.].

После Охотоморского землетрясения 24.V 2013 г., $M_w = 8,3$, № 26, в 2014-2016 гг. землетрясения с промежуточной глубиной очага (80-200 км) № 33, 34 и 39 ($M_w = 7,2$) сосредоточились в Камчатском сегменте Курило-Камчатской дуги вокруг участка 12б вблизи наиболее опасной в регионе сейсмической бреши, рис. 1 и 2.

После сильнейшего глубокого Охотоморского землетрясения 24.V 2013 г., $M = 8,3$, сейсмическая активность в Камчатском сегменте Курило-Камчатской сейсмогенной зоны в наибольшей степени повышалась в области землетрясений с $H = 90-185$ км на продолжении сейсмогенной зоны дуги в сторону глубоководного желоба от очага Охотоморского землетрясения, участки 11-12.

На проекции области глубокого очага Охотоморского землетрясения 24.V 2013 г. расположена протяженная и наиболее опасная в настоящее время сейсмическая брешь дуги длиной 350 км. Вероятно также, что область очага сильнейшего землетрясения размером 500 км и $M > 8,3$ может продлиться из участков 11 и 12 в участок 10, где сосредоточились примечательные рои землетрясений № 4, 21 (2008 и 2013 гг.) и № 13, 16, 18 и 19 (2012 г.), и где может оказаться южный конец главного разрыва нового сильнейшего землетрясения.

Таким образом, район Авачинского залива, участок 12, как и весь Камчатский сегмент дуги, участки 11-15, в настоящее время являются наиболее активной и наиболее сейсмически опасной частью Курило-Камчатской дуги.

Исследования велись по Программе фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток», проект № 15-I-2-035 «Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги: продолжение прогноза, обоснование мер по повышению сейсмостойкости, развитие метода и применение в других регионах мира».

Список литературы

1. Федотов С.А. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги. М.: Наука, 2005. 302 с.
2. Федотов С.А., Соломатин А.В., Чернышев С.Д. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на 2006-2011 гг. и успешный прогноз Средне-Курильского землетрясения 15.XI 2006 г., $M = 8.2$ // Вулканология и сейсмология. 2007. № 3. С. 3-25.
3. Федотов С.А., Соломатин А.В., Чернышев С.Д. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IX 2010 – VIII 2015 гг., достоверность предыдущих прогнозов и их применение // Вулканология и сейсмология. 2011. № 2. С. 1-25.
4. Федотов С.А., Соломатин А.В. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IX 2013 – VIII 2018 гг.; особенности сейсмичности дуги в период предшествовавших глубоких охотоморских землетрясений 2008, 2012 и 2013 гг. с $M = 7.7, 7.7$ и 8.3 . // Вулканология и сейсмология. 2015. № 2. С. 3-19.
5. Федотов С.А., Соломатин А.В. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IV 2016 – III 2021 гг.; его развитие и применение; особенности сейсмичности Курило-Камчатской дуги до и после глубокого Охотоморского землетрясения 24.V 2013 г., $M = 8.3$ // Вулканология и сейсмология. 2017 (в печати).
6. Mogi K. Earthquake Prediction. Tokyo, New York, London: Academic Press, 1985. 355 p. (Русский перевод: Могои К. Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1988. 382 с.).