

**Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на XII 2017 – XII 2022 гг., связь сейсмичности и вулканической активности Камчатского сегмента дуги, влияние на их развитие сильнейших региональных землетрясений 2000-2017 гг.**

**С.А. Федотов<sup>1,2</sup>, А.В. Соломатин<sup>1</sup>, А.В. Кирюхин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, П-Камчатский, 683006*

<sup>2</sup> *Институт физики Земли РАН, Москва, 123995; e-mail: karetn@list.ru*

Представлены результаты работ по методу долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги (ДССП). Исследуется связь сейсмичности дуги и прилегающих областей с вулканической активностью Камчатки в 2000-2017 гг. Дан прогноз на период XII 2017 – XII 2022 гг. Полученные результаты подтверждают полную необходимость продолжения работ по сейсмоукреплению и сейсmobезопасности в районе г. Петропавловск-Камчатский.

**Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на XII 2017 – XII 2022 гг. (по оценкам на декабрь 2017 г.)**

Апробированный метод долгосрочного сейсмического прогноза основан на закономерностях размещения очагов сильнейших землетрясений (сейсмические бреши) и сейсмического цикла [1]. Последнее изложение метода ДССП, дополнений к нему и прогноз для Курило-Камчатской дуги на IV 2016 – III 2021 гг. приведены в работе [2].

В соответствии с данными за период XII 2017 – XII 2022 гг. наиболее вероятными местами следующих сильнейших землетрясений с  $M \geq 7,7$  и глубиной очагов  $H \leq 80$  км на период XII 2017 – XII 2022 гг. остаются участки (рис. 1):

- участок 11б, Южная Камчатка - вероятность землетрясения с  $M \geq 7,7$ ,  $P(M \geq 7,7)$  в указанный период здесь и имеющего силу до 8 баллов в г. Петропавловск-Камчатский, равна 23,8 %;

- для Авачинского залива, участок 12б, вероятность такого землетрясения силой до 9 баллов в г. Петропавловск-Камчатский, равна 16,9 %.

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 52,3 %.

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 18,7 %. Эта обширная сейсмическая брешь является второй по степени сейсмической опасности.

По сравнению с предыдущим прогнозом на V 2017 – IV 2022 гг. произошел заметный, около 7 %, рост сейсмической опасности в районе Южной Камчатки – Авачинского залива. Связь такого изменения с сильнейшим землетрясением 17.VII 2017 г.,  $M = 7,8$ , на Командорах предстоит исследовать в дальнейшем.

Таким образом, участки в районе г. Петропавловск-Камчатский находятся в наиболее вероятном месте очага следующего в регионе 9-ти балльного землетрясения. В полной мере сохраняется необходимость неотложных мер по сейсmobезопасности, повышению устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в Камчатском крае.

Приведенный долгосрочный сейсмический прогноз землетрясений с  $M \geq 7,7$  для Курило-Камчатской дуги используется, как это делалось с предыдущими прогнозами 1985-2017 гг., для обоснования государственных мер по сейсmozащите и сейсмоукреплению.

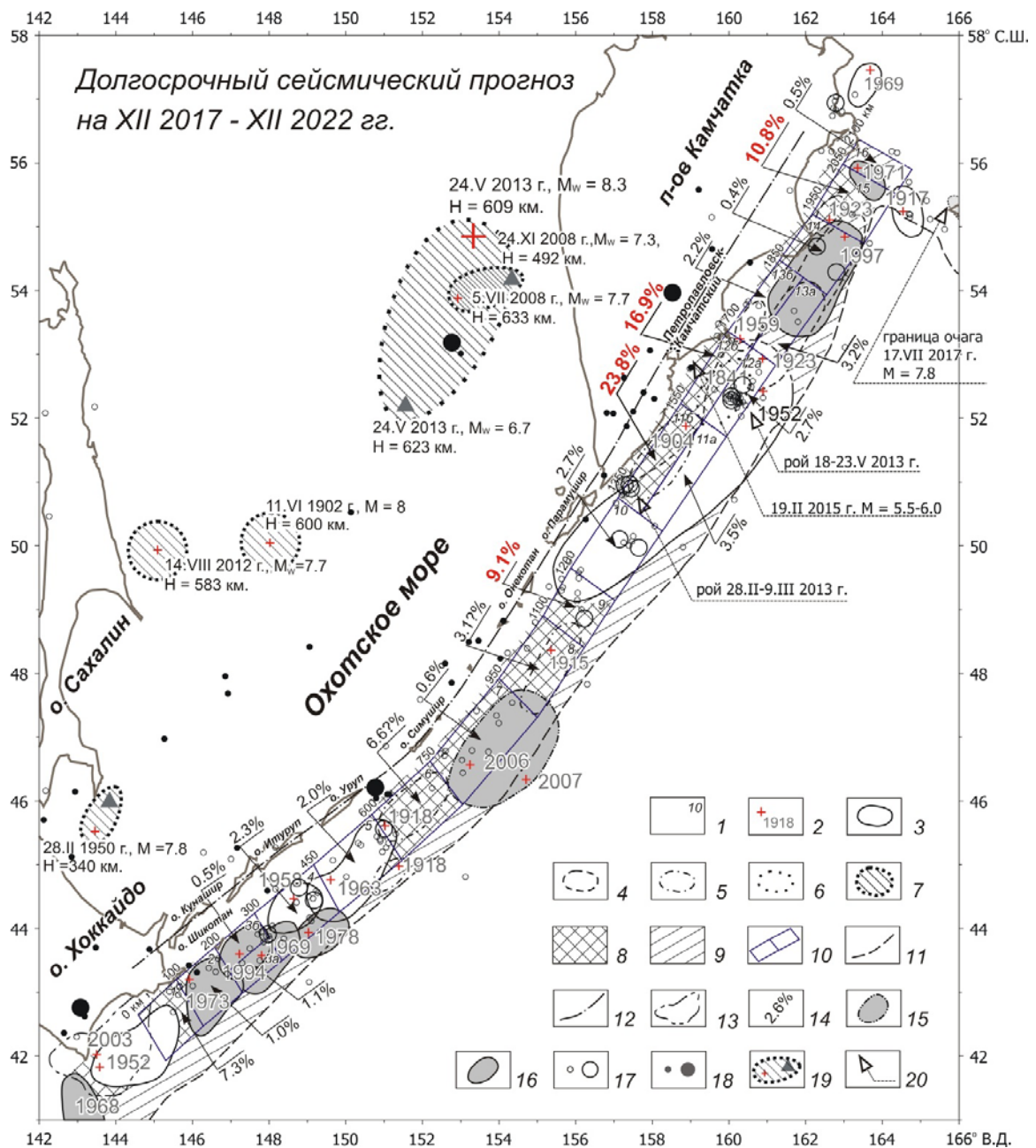


Рис. 1. Карта долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги на XII 2017 - XII 2022 гг. 1 - номера участков; 2 - инструментальные эпицентры землетрясений с  $M \geq 7.7$ ; 3-6 - границы очагов землетрясений с  $M \geq 7.7$ , проведенные с различной точностью; 7 - предполагаемые области очагов глубоких землетрясений 2008 и 2012 гг.; 8-9 - наиболее вероятные и возможные места следующих землетрясений с  $M \geq 7.7$ ; 10 - границы участков прогноза; 11 - оси глубоководных желобов; 12 - ось вулканического пояса Курило-Камчатской дуги; 13 - предварительное определение границы очага землетрясения у Хоккайдо 25.IX 2003 г.,  $M = 8.1$ ; 14 - вероятности землетрясений  $M \geq 7.7$  в XII 2017 - XII 2022 гг.; 15 - область очага предсказанного землетрясения 15.XI 2006 г.,  $M = 8.2$ ; 16 - области очагов других землетрясений с  $M \geq 7.7$ , которые произошли после 1965 г. в предсказанных сейсмических брешах; 17 - эпицентры неглубоких ( $H < 80$  км) землетрясений, произошедших в период XII 2012 - XII 2017 гг. в диапазонах  $m_b$ : 5,0-5,9 и 6,0-7,3; 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 - рои 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 %.

## Связь сейсмичности и вулканической активности Камчатского сегмента Курило-Камчатской сейсмогенной зоны

Связь сейсмичности Курило-Камчатской дуги в 2008-2016 гг. с сильнейшими землетрясениями региона и прилегающих сейсмоактивных областей исследовалась в [2]. В настоящей работе этот процесс рассматривается совместно с вариациями активности вулканов, расположенных вдоль Восточно-Камчатской зоны активных разломов. Такой подход позволяет вести исследования в рамках концепции геодинамики и, таким образом, расширить потенциальные возможности оценки сейсмических процессов Камчатского сегмента дуги в рамках ДССП.

Данные об активности вулканов Камчатки представлены на сайте ЛИСВА КФ ФИЦ ЕГС РАН. Их полнота и детальность позволяют изучать вариации активности как отдельных вулканов, так и их групп за достаточно длительный, с 2000 г., промежуток времени. В целом представленные вулканы наиболее активной области можно разбить на две обособленные группы: Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Толбачик, Кизимен – на севере, в области Камчатского залива – СГр; Карымский, Корякский, Авачинский, Мутновский, Горелый – южнее, в области Кроноцкого и Авачинского заливов - ЮГр.

В качестве исходных данных по сейсмичности Камчатки взяты детальный региональный каталог землетрясений КФ ФИЦ ЕГС РАН и каталог NEIC.

В качестве исследуемых параметров использовались накопленные по времени суммы: числа землетрясений и ежедневного числа вулканов с уровнем активности от желтого и выше по классификации ЛИСВА. Для удобства в обоих случаях вычтен тренд, определяемый начальной и конечной точками кумулятивных графиков.

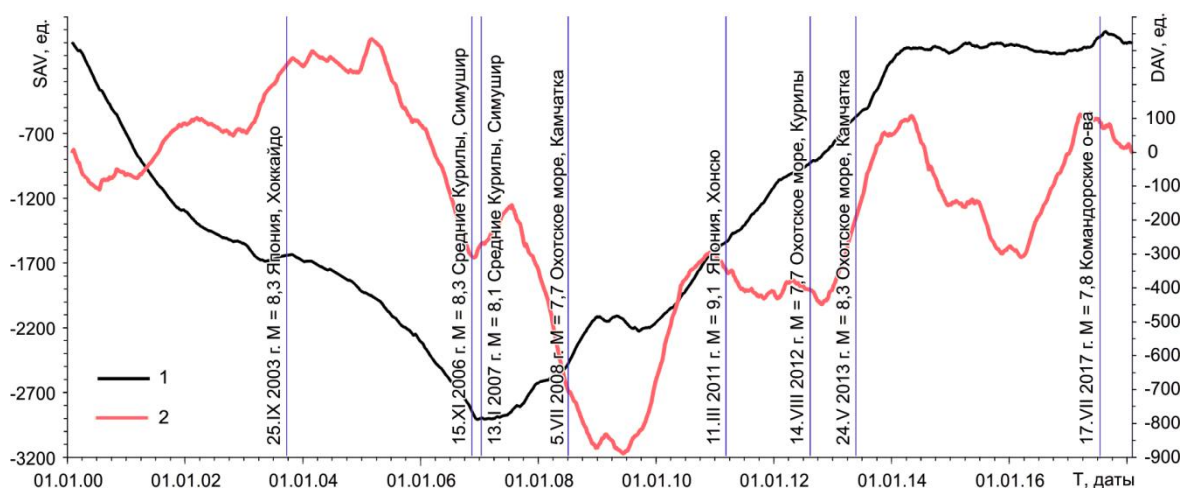


Рис. 2. Вариации вулканической активности на Камчатке в 2000–2017 гг. относительно общего за весь период кумулятивного тренда. 1 – вариации суммарной вулканической активности групп СГр и ЮГр - SAV; 2 – то же для их разности - DAV. Отмечены времена сильнейших землетрясений 2003-2017 гг. Курило-Камчатской дуги и прилегающих регионов.

На рис. 2 представлены графики для суммы (SAV = активность СГр + активность ЮГр) и разности вулканической активности (DAV = активность СГр - активность ЮГр). Очевидно, что период аномальной сейсмической активности Камчатки и Курильских о-вов 2006-2013 гг. согласуется с периодом высокой общей вулканической активности (SAV) на Камчатке в целом в 2007-2014 гг.

Разностью активностей групп вулканов (DAV) представляет дополнение к суммарной величине с учетом их приуроченности к разным областям, Восточно-Камчатской зоны активных разломов, в том числе, поэтому сравнивать его, по-видимому, необходимо также с сейсмичностью следующего порядка детальности.

Детально сейсмическая активность (AS) в настоящей работе представлена суммой числа землетрясений с  $K_s \geq 9$ , на глубинах 80-300 км в пределах Камчатского сегмента за вычетом, как и ранее, тренда.

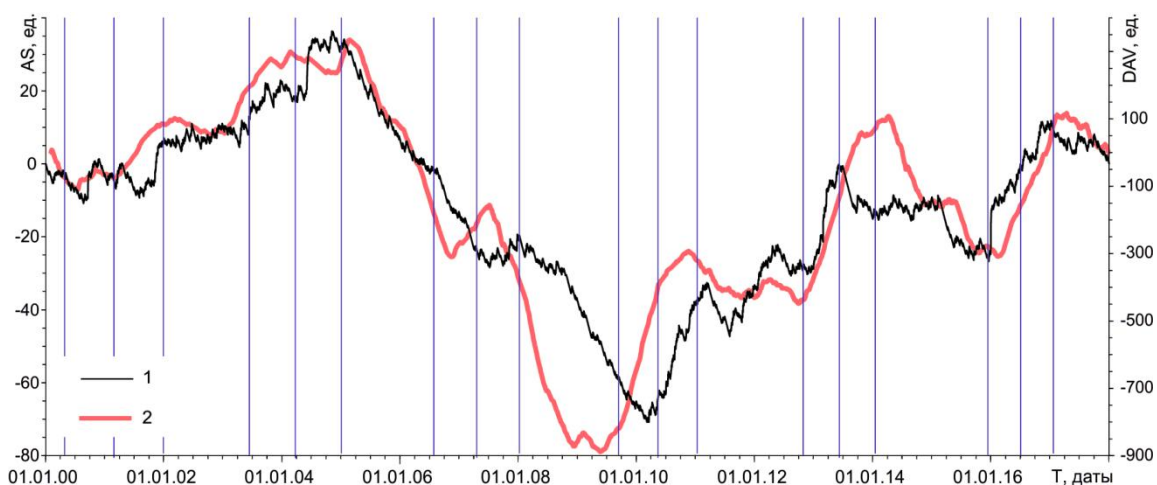


Рис. 3. Сопоставление вариаций разности активностей СГр и ЮГр – DAV и вариаций сейсмической активности Камчатского сегмента на глубинах 80-300 км. – AS. 1 – вариации сейсмической активности (AS); 2 – вариации разности активностей групп вулканов (DAV), как относительное превышение активности СГр.

На рис. 3 отмечается очень хорошее соответствие вариаций сейсмической (AS) и разностной вулканической (DAV) активностей. Минимальная оценка уровня их соответствия, 98,4 %, определена на основе трендов одновременного роста/падения в пределах выделенных на рис. 3 участков квазипериодичности с  $T = 1127/3,09$  суток/лет. Верхняя оценка, с учетом остальных участков - 99,7 %.

Рассматриваются возможности использования результатов Раздела 2 в дополнениях к данным ДССП Раздела 1.

Работа велась по Проектам №№ 0282-2018-0017 - Раздел «Тепломассоперенос и сейсмичность в гидротермальных...», 0282-2018-0019 – Раздел «Составление долгосрочных сейсмических прогнозов...» (номера в ИС ФАНО) и частично при поддержке Проекта 0282-2018-0024 (Программа ДВО РАН Дальний Восток, Проект № 18-5-002) – Раздел «Изучение свойств сейсмических процессов...».

### 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. 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. № 3. С. 3-17.