

**Общему Совету Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН по прогнозу землетрясений и извержений вулканов 40 лет (1978-2018 гг.)**

**С.А. Федотов<sup>1,3</sup>, П.П. Фирстов<sup>1,2</sup>, А.В. Соломатин<sup>1</sup>, Г.Н. Копылова<sup>2</sup>, Е.В. Черных<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

<sup>2</sup> Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН

<sup>3</sup> Институт физики Земли РАН, Москва, 123995, e-mail: karetn@list.ru

С мая 1978 г. работает Общий Совет ИВ и КОМСП (ИВиС ДВО РАН и КФ ФИЦ ЕГС РАН) по прогнозу землетрясений и извержений вулканов. В задачи Совета входит анализ и обобщение результатов комплекса методов по прогнозированию и оценке последствий сильных землетрясений и извержений вулканов в Камчатском крае, привлечение научной общественности к участию в таких работах, регулярное информирование учреждений РАН и органов государственной власти о развитии сейсмической и вулканической активности в Крае и разработка предложений по уменьшению негативных последствий сильных землетрясений и вулканических извержений. Приводится оценка деятельности Совета в важнейшем направлении – обеспечение сейсмобезопасности Камчатского края на основе долгосрочного сейсмического прогноза (ДССП) С.А. Федотова, а также сведения о других используемых методах средне-краткосрочного прогноза.

### **Введение**

Одним из наиболее сейсмоопасных регионов Российской Федерации является Камчатский край. Здесь, вдоль восточного побережья Камчатского полуострова, с 1904 г. произошли 10 землетрясений с магнитудой  $M=7,7$  и более. Такие землетрясения могут сопровождаться разрушительными цунами, а также сотрясениями на побережье до 9, а в отдельных районах – до 10 баллов, по шкале MSK-64 с катастрофическими последствиями для населения и инфраструктуры территорий.

Наиболее сейсмически опасным и одновременно густонаселенным является район Петропавловск-Елизовской агломерации, представленной городами Петропавловск-Камчатский, Елизово и Вилючинск, с общей численностью населения около 250 тыс. человек. Этот район расположен вблизи побережья Авачинского залива в зоне 9-балльных сотрясений согласно карте Общего сейсмического районирования [1].

При возникновении 8-9-балльного землетрясения в этом районе возможны повреждения зданий и сооружений, а также разрушение значительной части тех строений, которые не имеют необходимой сейсмостойкости. Число пострадавших жителей, включая погибших под завалами, может достичь 100 тыс. человек, а общий ущерб исчисляться триллионами рублей. Учитывая высокую вероятность катастрофических последствий, а также значительную стоимость необходимых для их уменьшения строительных работ, научные исследования по прогнозированию землетрясений с магнитудой  $M=7,7$  и более, которые могут вызвать подобные сотрясения, являются важнейшей частью всего комплекса мероприятий, обеспечивающих сейсмобезопасность. К таким мероприятиям относятся: сейсмоукрепление зданий и сооружений; новое сейсмостойкое строительство; предупреждение о сейсмической опасности с целью принятия превентивных мер по ликвидации тяжелых последствий.

Еще в 1978 г. после катастрофических Газлийских землетрясений 1976 г. руководством СССР было принято решение о развитии работ по прогнозу землетрясений. На основании этого решения в Институте вулканологии ДВНЦ АН СССР было проведено большое совещание, где были рассмотрены состояние проблемы и меры по усилению и развитию работ этого направления. По итогам совещания 12 мая

1978 г. при Институте вулканологии был создан Совет по прогнозу землетрясений и извержений вулканов (председатель – С.А. Федотов).

В середине 90-х гг. XX в. экспертные советы по прогнозу природных катастроф стали создаваться в рамках Геофизической службы РАН и МЧС РФ. При их организации использовался опыт Совета прогнозу землетрясений и извержений вулканов, тем не менее, до сих пор деятельность Совета (ставшего с 1994 г. Общим, совместно с Камчатской опытно-методической партией ГС РАН - в настоящее время Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН»), является уникальным явлением [5].

Заключения экспертного общего Совета (ЭОС) строятся на основе экспертного анализа комплекса данных, представляемых различными исследовательскими организациями и отдельными исследователями. Каждый исследователь, представляющий в Совет прогнозы сейсмической опасности, оперирует собственными базами исходных данных, методами их обработки и представления результатов.

Результаты 30-летней работы ЭОС в 1978-2008 гг. представлены в [5]. Настоящее сообщение посвящено итогам деятельности ЭОС в последнем десятилетии (2009-2018 гг.).

### Долгосрочный прогноз вероятных мест сильных землетрясений и обоснование мер по сейсмобезопасности в Камчатском крае. Оценки сейсмической опасности у берегов Камчатки на период XI 2018 – X 2023 гг.

В 60-х гг. XX в. С.А. Федотовым начал разрабатываться метод долгосрочного сейсмического прогноза (ДССП), получивший впоследствии мировое признание. Метод основывается на наиболее общих свойствах сейсмического процесса: «сейсмических брешах» и «сейсмическом цикле». На протяжении более чем полувекового практического применения и развития он показывает свою высокую эффективность [2-4, 6].

С начала 80-х гг. данные ДССП указывают на высокую сейсмическую опасность Камчатского сегмента Курило-Камчатской дуги в районе г. Петропавловск-Камчатский. В 1985 г. Институтом вулканологии были начаты работы по обоснованию необходимости обеспечения сейсмобезопасности района г. Петропавловск-Камчатский.

По последним данным на период XI 2018 – X 2023 гг. (рис. 1) высокая вероятность возникновения сильнейшего землетрясения сохраняется в районе Южная Камчатка – Авачинский залив. Общая пятилетняя вероятность землетрясения с интенсивностью сотрясений 7-9 баллов в г. Петропавловск-Камчатский достигает 50 % и более. Эти данные, как это делалось с предыдущими прогнозами, должны быть использованы для принятия в Камчатском крае государственных мер по предотвращению грозящих катастрофических ущерба и потерь.

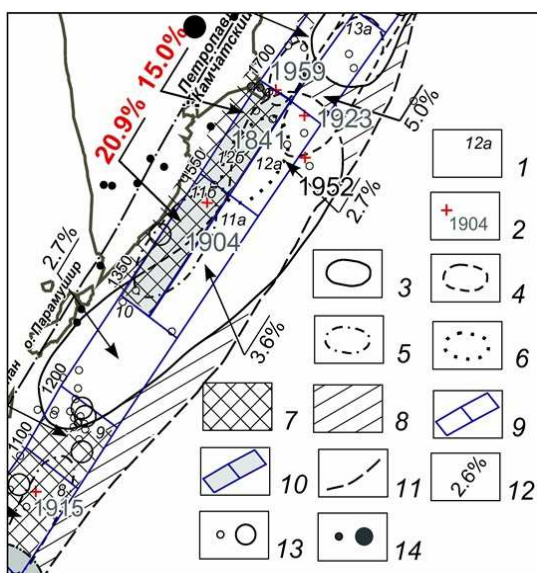


Рис. 1. Фрагмент карты долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги на период XI 2018 – X 2023 гг. 1 - номера участков; 2 - эпицентры сильнейших ( $M \geq 7,7$ ) землетрясений; 3-6 - границы их очагов, проведенные с разной точностью; 7-8 - наиболее вероятные и возможные места следующих сильнейших землетрясений; 9 – границы участков прогноза; 10 – наиболее опасная сейсмическая брешь; 11-12 - оси глубоководных желобов и вулканического пояса Курило-Камчатской дуги; 13 - эпицентры землетрясений ( $H < 80$  км) в XI 2013 - X 2018 гг. с  $m_b = 5,0-5,9$  и  $6,0-7,3$ , соответственно; 14 - то же для  $H \geq 80$  км. Средняя пятилетняя вероятность возникновения землетрясений с  $M \geq 7,7$  в одном месте равна 3,6-4,2%.

Работы по сейсмическому прогнозу по методу ДССП с 1985 г. составили научное обоснование Распоряжения Совмина СССР, Постановления Совмина РСФСР, ряда Правительственных Решений и Постановлений РФ, а также Поручений Президентов РФ Д.А. Медведева и В.В. Путина по вопросам сейсмобезопасности в Камчатском крае. Соответствующие работы проводились в рамках Федеральных целевых программ в период 1995-2018 гг. Предусматривается их продолжение. Общее финансирование сейсмоусиления и сейсмостойкого строительства на Камчатке в 2009-2018 гг. составило около 12 млрд. рублей (рис. 2), а предотвращенный ущерб оценивается не менее чем в 120 млрд. рублей.



Рис. 2. Динамика финансирования сейсмоусиления и сейсмостойкого строительства на Камчатке в 2009-2018 гг. (получена на основе официальной информации электронных СМИ).

По оценкам 2016 г. полные размеры ущерба, грозящего при сильнейшем землетрясении в районе г. Петропавловск-Камчатский, оцениваются суммой 2 трлн. 150 млрд. рублей при 100 тыс. пострадавших. Согласно данным прогноза социально-экономического развития Камчатского края, для продолжения работ по сейсмозащите и минимизации потерь вследствие разрушительных землетрясений Правительству Камчатского края необходимы субсидии из федерального бюджета не менее 1,5 млрд. рублей ежегодно.

Повышенная опасность катастрофического землетрясения в ближайшем пятилетии указывает на необходимость принятия дополнительных государственных мер по сейсмоустойчивости и сейсмозащите Камчатского края, а также по ведению сопровождающих работ по долгосрочному и краткосрочному сейсмическим прогнозам.

#### **Еженедельные оценки сейсмической опасности для Камчатского края**

На основании данных краткосрочного прогноза научных учреждений РАН на Камчатке (ИВиС ДВО РАН, КФ ФИЦ ЕГС РАН, ИКИР ДВО РАН) ЭОС выдает еженедельные оценки сейсмической опасности для Камчатского края. Краткое описание методов и методик, по которым поступают заключения, представлено в [7, 8]. В настоящее время можно говорить о том, что подготовка большей части сильных землетрясений вблизи восточного побережья Камчатки находит отражение в наблюдаемых геофизических и геохимических параметрах.

Еженедельные заключения и сообщения Совета об уровне сейсмической опасности рассылаются в 9 организаций РАН, МЧС России и в администрацию Камчатского края. Продолжение работы Совета по сейсмическому прогнозу составляет основание для разработки государственных мер по обеспечению сейсмобезопасности в районе г. Петропавловск-Камчатский, которому угрожает наиболее тяжелое стихийное бедствие в России.

В табл. приведены виды сейсмологических, геофизических и др. методов прогноза, данные которых регулярно поступают в ЭОС по прогнозу землетрясений и извержений вулканов, и на основании которых даются заключения о сейсмической и вулканической опасности на Камчатке.

Таблица. Методы прогноза, на основании которых даются заключения о сейсмической и вулканической опасности на Камчатке

	<b>Виды сейсмологических и геофизических наблюдений</b>	<b>Организация, отв. исполнитель</b>	<b>Вид пред-ка</b>
1	Метод долгосрочного сейсмического прогноза (ДССП)	ИВиС ДВО РАН, академик С.А. Федотов	Д
2	Сейсмологический метод на основе выявления связей значимых региональных и планетарных ритмов	КФ ФИЦ ГС РАН, в.н.с., к.ф.-м.н., В.А. Широков	Д, К, О
3	Комплексные скважинные измерения	ИВиС ДВО РАН, д.ф.-м.н., В.А. Гаврилов	К, О
4	Мониторинг подпочвенных газов (радон, молекулярный водород, углекислый газ)	КФ ФИЦ ЕГС РАН, зав. лаб., д.ф.-м.н., Фирстов П.П.	К, О
5	Комплекс электромагнитных наблюдений на сети станций и наблюдений за физ.-хим. параметрами подземных вод в скважинах	КФ ФИЦ ЕГС РАН, зав. лаб., д.г.-м.н., Г.Н. Копылова	С, К, О
6	Наблюдения за вариациями химического состава подземных вод	КФ ФИЦ ЕГС РАН, зав. лаб., к.г.-м.н., Полетаев В.А.	К
7	Мониторинг импульсного ОНЧ-радиоизлучения Земли	ИКиР ДВО РАН, в.н.с., к.ф.-м.н., Г.И. Дружин	К, О
8	Мониторинг ионосферных параметров	ИКиР ДВО РАН, зав. лаб., д.ф.-м.н., В.В. Богданов	К, О

Примечание. О – оперативный, по времени упреждения менее недели; К – краткосрочный, 1-2 недели; С – среднесрочный, до 1-6 месяцев; Д – долгосрочный.

Работа выполнена при частичной поддержке проектов № 18-5-002 Программы ДВО РАН «Дальний Восток» и № 18-05-0033 РФФИ.

### Список литературы

1. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000 / Гл. ред. акад. Страхов В.Н., проф. Уломов В.И. М.: ОИФЗ РАН, 1999. 4 листа.
2. Федотов С.А. О закономерностях распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских островов и северо-восточной Японии // Тр. ИФЗ АН СССР. № 36 (203). М.: Наука, 1965. С. 66-93.
3. Федотов С.А. О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 121–150.
4. Федотов С.А. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги. М.: Наука, 2005. 302 с.
5. Федотов С.А. К 30-летию Совета Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Камчатского филиала ГС РАН по прогнозу землетрясений и извержений вулканов // Вулканология и сейсмология. 2008. № 6. С. 78-80.
6. 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.
7. Фирстов П.П., Копылова Г.Н., Соломатин А.В., Серафимова Ю.К. О прогнозировании сильного землетрясения в районе полуострова Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. № 4(32). С. 106–114.
8. Чебров В.Н., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. Прогнозирование землетрясений на Камчатке. М.: Светоч Плюс, 2011. 303 с.