

**Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на III.2022–II.2027 гг.; анализ результатов среднесрочно-краткосрочного прогноза для района о-ва Парамушир, данного на осень 2021 г.**

**Соломатин А.В.**

**Long-term seismic forecast for the Kuril-Kamchatka Arc for III.2022-II.2027; analysis of the results of the medium and short-term forecast for the Paramushir Island area, given for autumn 2021**

**Solomatina A.V.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;  
e-mail: alf55@mail.ru*

Представлены результаты долгосрочного сейсмического прогноза (ДССП) для Курило-Камчатской дуги на период III.2022–II.2027 гг. Эти результаты подтверждают сохраняющуюся высокую сейсмическую опасность в районе г. Петропавловск-Камчатский. Приведены анализ результатов среднесрочно-краткосрочного сейсмического прогноза для района о. Парамушир на осень 2021 г. и уточнение долгосрочного сейсмического прогноза для этого района.

**Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на III.2022–II.2027 гг. (по оценкам на февраль 2022 г.)**

Апробированный метод долгосрочного сейсмического прогноза основан на закономерностях размещения очагов сильнейших землетрясений (сейсмические брешы) и сейсмического цикла [5-7]. Последнее изложение метода ДССП, дополнений к нему и прогноз для Курило-Камчатской дуги на VI.2019-V.2024 гг. приведены в работе [6].

В соответствии с обновленными сейсмологическими данными за предыдущий пятилетний период, наиболее вероятными местами следующих сильнейших ( $M \geq 7.7$ ) землетрясений на глубинах  $H \leq 80$  км в период III.2022–II.2027 гг. являются (рис. 1):

– участок 11б, Южная Камчатка – вероятность землетрясения с  $M \geq 7.7$ ,  $P(M \geq 7.7)$  в указанный период в этом участке и имеющего силу до 8 баллов в г. Петропавловск-Камчатский, равна 18.0 %;

– для Авачинского залива, участок 12б, вероятность такого землетрясения силой до 9 баллов в г. Петропавловск-Камчатский равна 13.0 %.

Суммарная вероятность  $P(M \geq 7.7)$  в участках 11а, 11б, 12а, 12б, 13а, 13б, которые могут иметь силу 7-9 баллов в г. Петропавловск-Камчатский может достигать на следующее пятилетие 45.4 %.

В целом, сейсмическая брешь в прибрежном районе участков 11 и 12 является наиболее вероятным местом очага следующего сильнейшего землетрясения в регионе. При таком землетрясении ожидаемая интенсивность сотрясений в районе г. Петропавловск-Камчатский составит 8-9 баллов.

На Курильских островах наиболее высока сейсмическая опасность в районе Средних Курильских островов возле очагов двух Симуширских землетрясений 2006 и 2007 гг. (6, 8 и 9 участки), где общая пятилетняя вероятность  $P(M \geq 7.7)$  составляет 28 %. Эта обширная сейсмическая брешь является второй по степени сейсмической опасности в регионе.

Повышена сейсмическая опасность также возле флангов Курило-Камчатской сейсмогенной зоны: в Камчатском заливе (участок 15), где  $P(M \geq 7.7) = 7.8$  %, и в районе мыс Сириха – п-ов Немуро (участок 1), где  $P(M \geq 7.7) = 9.9$  %.

В остальных участках вероятность  $P(M \geq 7.7)$  сопоставима со средней пятилетней (3.6-4.2 %) или существенно ниже нее.

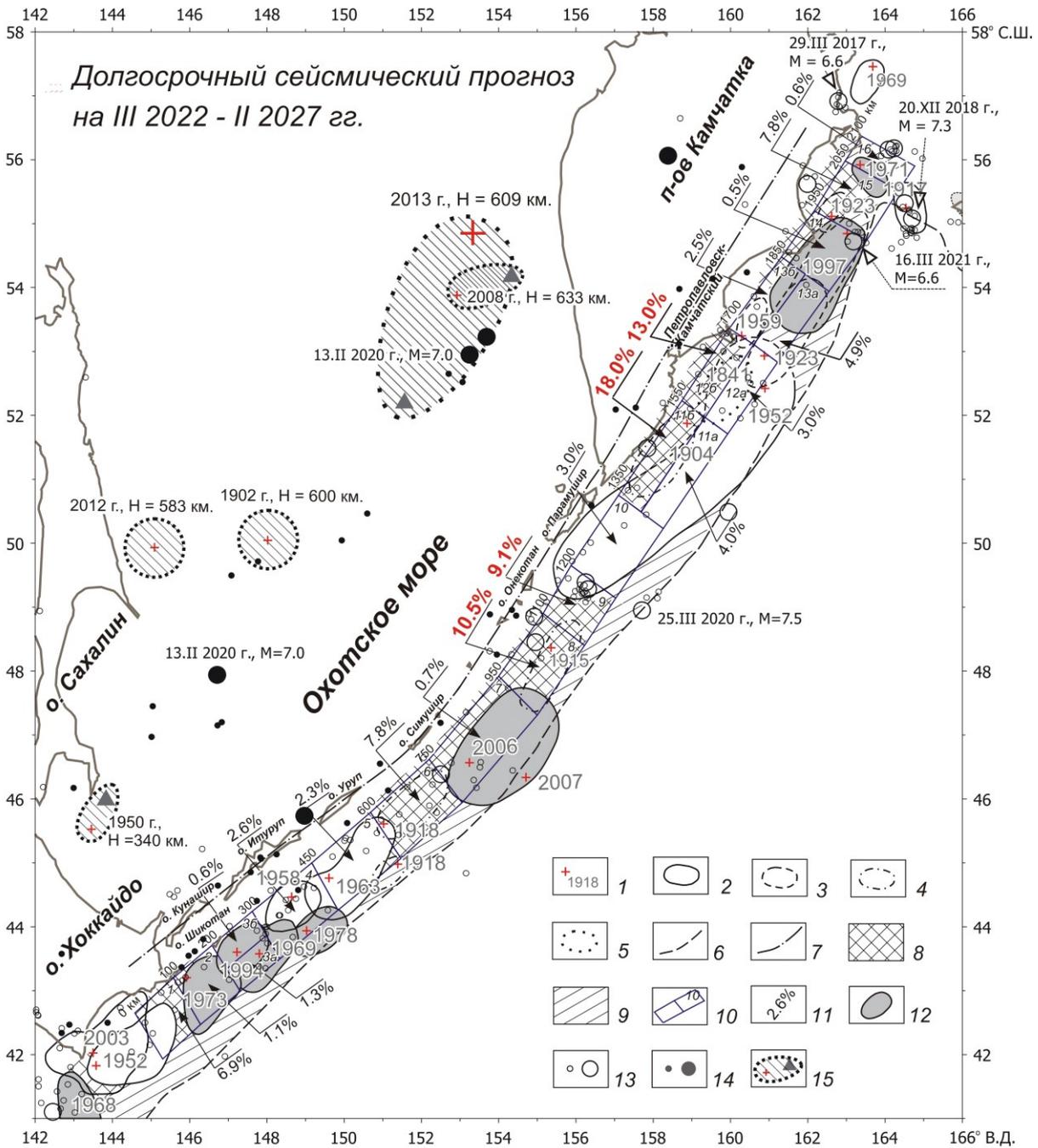


Рис. 1. Карта долгосрочного сейсмического прогноза для Курило-Камчатской дуги на период III.2022-II.2027 гг. 1 – эпицентры и годы землетрясений с  $M \geq 7.7$ ; 2-5 – границы их очагов, проведенные с разной точностью; 6-7 – оси глубоководных желобов и вулканического пояса; 8-9 – наиболее вероятные и возможные места следующих землетрясений с  $M \geq 7.7$ ; 10-11 – границы и номера участков прогноза, а также вероятности  $P(M \geq 7.7)$  в них в III.2022-II.2027 гг. 12 – области очагов землетрясений с  $M \geq 7.7$ , которые произошли после 1965 г. в предсказанных сейсмических брешах; 13 – эпицентры неглубоких землетрясений, произошедших в период I.2017-II.2022 гг., меньший кружок соответствует  $m_b=5.0-5.9$ , больший –  $M_S=6.0-7.3$ ,  $H < 80$  км; 14 – то же с  $H \geq 80$  км; 15 – эпицентры и предположительные области очагов глубоких ( $H > 300$  км) сильнейших землетрясений, треугольники – положение их главных афтершоков. Средняя вероятность возникновения курило-камчатских землетрясений с  $M \geq 7.7$  в одном месте в течение 5 лет равна 3.6-4.2 %.

Приведенный долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги в полной мере подтверждает необходимость неотложных мер по обеспечению сейсмобезопасности, повышению устойчивости жилых домов, объектов, а также систем жизнеобеспечения в Камчатском крае и должен использоваться, как это делалось с

предыдущими прогнозами, для обоснования государственных мер по сейсмозащите и сейсмоукреплению в регионе.

### **Анализ результатов среднесрочно-краткосрочного прогноза для района о. Парамушир, данного на осень 2021 г.**

В начале 2021 г. был дан среднесрочный прогноз сильнейшего землетрясения в районе о. Парамушир (сейсмическая брешь – 9 прогнозный участок и прилегающие области) с указанием возможности его краткосрочного уточнения на основе мониторинга сейсмических процессов в этом районе. Разработка методик таких прогнозов, в том числе, на базе представлений метода ДССП, а также развитие методик слежения за ходом сейсмического процесса, являются естественной и наиболее важной частью комплексного подхода к прогнозу сильнейших землетрясений.

В качестве наиболее перспективного направления уточнения данных долгосрочных прогнозов метода ДССП в настоящее время рассматривается обобщение методики «сценарий форшоков» [7]. Такое обобщение предполагает расширение понятия «форшок» на удаленные по времени сейсмические активизации на основе представлений о периодичности развития сейсмического процесса [1]. Вводимое для таких активизаций понятие «удаленные по времени форшоки» существенно дополняет базовые представления метода ДССП о заключительной стадии развития очага сильнейшего землетрясения.

Надежность методики «обобщенный сценарий форшоков» в ее наиболее общем виде – на уровне представлений о сейсмических активизациях – может быть существенно повышена за счет представлений об энергетическом спектре сейсмического процесса [2] и мониторинга сейсмического процесса в плане соответствия его вариаций общей модели развития очага сильнейшего землетрясения.

Обоснование высокой сейсмической опасности района о. Парамушир и среднесрочный прогноз сильнейшего землетрясения в нем на основе обобщенного сценария форшоков были даны в [3]. В дальнейшем проводился мониторинг сейсмического процесса в этом районе. В итоге в заключении Общего совета по прогнозу землетрясений и извержений вулканов ИВиС ДВО РАН от 19 августа 2021 г. был дан краткосрочный прогноз с вероятностью около 30 %, сильнейшего ( $M \geq 7.7$ ) землетрясения в районе Северных Курильских о-вов, включавшем участок 9.

Позже этот прогноз был оперативно уточнен после сильного  $M=6$  землетрясения 24 августа в этом районе (со смещением к острову Онекотан). Время этого события с точностью до суток совпало с наиболее оптимистичным по точности временем прогноза форшока прогнозируемого сильнейшего землетрясения. Такой результат указывает на правильность используемого подхода: при возникновении событий с  $M \geq 6$  в сейсмических брешах вероятность сильнейшего землетрясения в них согласно методике «сценарий форшоков» в течение 2-х суток на порядки превышает долговременную по данным ДССП и затем достаточно быстро снижается к ней.

В целом, долговременная вероятность сильнейшего землетрясения в районе Северных Курил в настоящее время практически не отличается от той, что указана в приведенном долгосрочном прогнозе в качестве основного метода. В то же время, согласно обобщенному сценарию форшоков, к середине или в конце пятилетнего прогнозного периода ожидается существенный рост этой вероятности в среднесрочном плане. Соответствующие уточнения сейсмической опасности будут получены на основе мониторинга сейсмического процесса в этом районе с помощью методики обобщенного сценария форшоков, а также, возможно, и других методов.

На рис. 2 представлено среднесрочное уточнение сейсмической опасности в районе южной части очага Камчатского землетрясения 1952 г. (см. рис. 1). При таком предварительном прогнозе, в соответствии с используемой методикой, в качестве удаленного по времени форшока использовано событие 24.VIII 2021 г.,  $M=6.0$  в

указанной области. Время прогноза определяет период 2.86 г., как правило, разделяющий подобные события и сильнейшие  $M=8-9$  землетрясения региона.

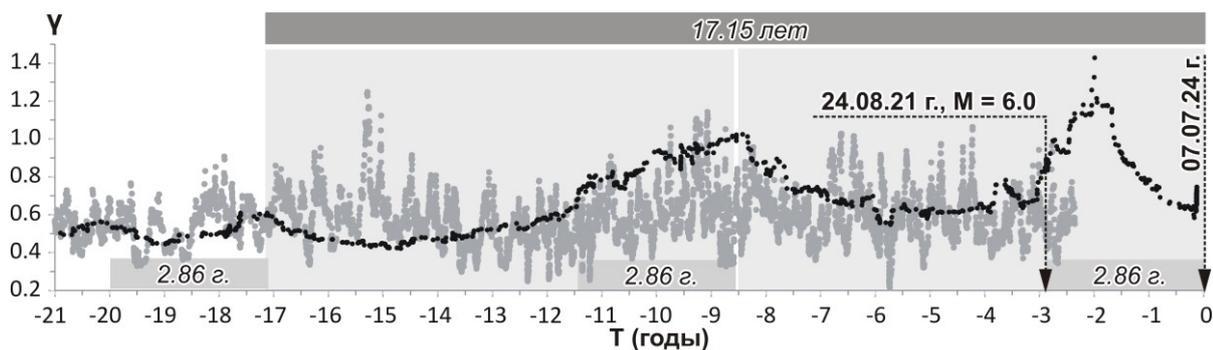


Рис. 2. Среднесрочный прогноз землетрясения с  $M \geq 7.7$  в районе южной части очага Камчатского землетрясения 1952 г. (подробности – в тексте).

В качестве индикатора прохождения стадий предполагаемой заключительной фазы подготовки очага землетрясения длительностью 8.56 лет предполагается использовать, главным образом, наклон графика повторяемости землетрясений  $Y$  исследуемого района (серые точки) путем сравнения его вариаций со стандартным для региона сценарием [2] (черные точки). Соответствующая концептуальная двухтактная модель развития очага сильнейшего землетрясения была представлена в [4].

### Список литературы

1. Соломатин А.В. Исследование связи вулканической активности и сильнейших землетрясений Курило-Камчатского региона // Вулканология и сейсмология. 2014. № 1. С. 61-76.
2. Соломатин А.В. Энергетический спектр сейсмического процесса в приложении к долгосрочному сейсмическому прогнозу и среднесрочно-краткосрочному уточнению сейсмической опасности // Вулканология и сейсмология. 2021. № 2. С. 67-79.
3. Соломатин А.В. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на XII 2020 – XI 2025 гг., среднесрочная оценка сейсмической опасности в районе юга Камчатки – севера Курильских островов // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXIV ежегодной научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 29-30 марта 2021 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2021. С. 39-48.
4. Соломатин А.В. Двухтактная геофлюидодинамическая модель развития очагов сильнейших тихоокеанских землетрясений на примере землетрясения Тохоку 11 марта 2011 г.,  $M=9.1$  // Геотермальная вулканология, гидрогеология, геология нефти и газа. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Петропавловск-Камчатский, 2021. С. 58-62.
5. Федотов С.А. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги. М.: Наука, 2005. 302 с.
6. Федотов С.А., Соломатин А.В. Долгосрочный сейсмический прогноз (ДССП) для Курило-Камчатской дуги на VI 2019-V 2024 гг.; свойства предшествующей сейсмичности в I 2017-V 2019 гг. Развитие и практическое применение метода ДССП // Вулканология и сейсмология. 2019. № 6. С. 6-22. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0203-0306201966-22>
7. Федотов С.А., Чернышева Г.В., Шумилина Л.С. Оценка сейсмической опасности землетрясений с  $M \geq 6$ , сопровождающих сильнейшие ( $M=8$ ) тихоокеанские землетрясения // Вулканология и сейсмология. 1993. № 6. С. 3-12.