

МЕТОДИКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ СЕЙСМИЧНОСТИ

Салтыков В.А.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Использование функции распределения выделившейся сейсмической энергии позволяет формализовать процедуру качественного описания интенсивности сейсмического процесса. В данной работе рассматривается построение унифицированной оценки уровня сейсмичности задаваемых пространственно-временных областей. Учитывая статистический характер базового параметра, предложенная методика получила название *Статистическая Оценка Уровня Сейсмичности – «СОУС-09»* [2]. Приведена номограмма статистической оценки уровня сейсмичности для Камчатки.

Проблематика и выбор базового параметра

Актуальность разработки методики оценки уровня сейсмичности для конкретных сейсмоактивных областей не вызывает сомнений. Такие оценки полезны как для специалистов-сейсмологов, так и для административных структур, МЧС, населения. Учитывая широкий диапазон потребителей данной информации, используемые градации должны иметь, с одной стороны, интуитивно понятный смысл, а с другой - их определение должно опираться на количественные характеристики сейсмического процесса.

При общей количественной оценке уровня сейсмичности на выбранной территории за какой-либо период часто используются такие абсолютные параметры, как суммарная энергия произошедших землетрясений E и их число N , активность и наклон графика повторяемости (b – при использовании магнитудной шкалы или γ – при использовании энергетических классов). Однако, при необходимости качественной оценки сейсмического режима (то есть при необходимости заключения об аномально высоком или низком уровне сейсмичности, или при необходимости сравнения состояния сейсмичности в двух регионах) возникают определенные сложности и использование напрямую упомянутых параметров не дает ответа на данный вопрос. Например, одна и та же выделившаяся сейсмическая энергия может быть аномально высокой для одного региона и аномально низкой для другого. Кроме того, предъявляются достаточно высокие требования к используемому каталогу. Речь идет об его однородности и полноте.

Чувствительными к качеству каталога являются:

- 1) число землетрясений N ,
- 2) наклон графика повторяемости γ ,
- 3) активность A_{10} .

Энергия E ведет себя гораздо более устойчиво, так как практически вся выделившаяся энергия определяется наиболее сильными землетрясениями.

Решение проблемы видится в использовании статистической функции распределения энергии в качестве параметра, характеризующего уровень сейсмичности. Как будет показано ниже, этот параметр может использоваться и для выявления вариаций сейсмического режима при подготовке сильнейших землетрясений.

Методика

Оценивается состояние сейсмичности региона в целом по эмпирической функции распределения, выделившейся за определенный временной интервал сейсмической энергии: $F(K) = P(\lg E \leq K)$, где E – суммарная сейсмическая энергия в Дж. Тогда, задавая пороговые значения F и зная выделившуюся энергию E , мы можем сделать заключение о повышенной (например, если $F > 0.9$), либо пониженной (например, если $F < 0.1$) активности региона.

Рассчитывая суммарную энергию землетрясений различного класса (для $\gamma = 0.5$ и при условии соблюдения закона Гутенберга–Рихтера) мы получаем следующее:

- оценка суммарной выделившейся энергии при использовании диапазона верхних энергетических классов в три единицы составляет 98% от полной;

- оценка соответствующего эквивалентного энергетического класса $K = \lg E$ отличается от истинной лишь на 0.01, что обычно пренебрежимо мало.

Таким образом, мы можем использовать данную методику даже в том случае, когда уровень надежной регистрации достаточно низок, но имеются предпосылки того, что сильнеешие из произошедших событий все-таки регистрируются.

Алгоритм «СОУС-09»

Оценим уровень сейсмичности заданной пространственной области в интервале времени (T_1, T_2). По данным однородного каталога землетрясений строится эмпирическая функция распределения $F(K) = P(\lg E \leq K)$ для выделившейся сейсмической энергии во временном интервале $\Delta T = T_2 - T_1$. Длительность каталога имеет большое значение: по ней определяется точность оценок. Используя набор функций распределения F для различных временных интервалов ΔT , можно получить зависимость любого квантиля распределения энергии $K(F)$ от временного окна ΔT . В качестве опорных квантилей предлагается использовать $K(0.995)$, $K(0.975)$, $K(0.85)$, $K(0.15)$, $K(0.025)$, $K(0.005)$. Рассчитанные значения квантилей для набора значений ΔT аппроксимируются монотонной кривой. Представленные на едином графике аппроксимации формируют номограмму, которая позволяет дать качественную оценку сейсмического режима в любой конкретный отрезок времени (T_1, T_2). Для этого необходимо знать лишь величину сейсмической энергии E , выделившейся за это время.

Предлагается следующая шкала уровней сейсмичности:

- экстремально высокий – $K(0.995) < \lg E$,
- высокий – $K(0.975) < \lg E < K(0.995)$,
- фоновый – $K(0.025) < \lg E < K(0.975)$,
- низкий – $K(0.005) < \lg E < K(0.025)$,
- экстремально низкий – $\lg E < K(0.005)$.

Согласно такой градации в 95% случаев сейсмичность находится на фоновом уровне. При необходимости его можно разбить на три подуровня:

- фоновый (пониженный) – $K(0.025) < \lg E < K(0.15)$,
- фоновый (средний) – $K(0.15) < \lg E < K(0.85)$,
- фоновый (повышенный) – $K(0.85) < \lg E < K(0.975)$.

Данная методика имеет определенные ограничения применения, связанные с нижним уровнем энергии используемых землетрясений, с величиной анализируемого временного интервала и с длительностью каталога землетрясений.

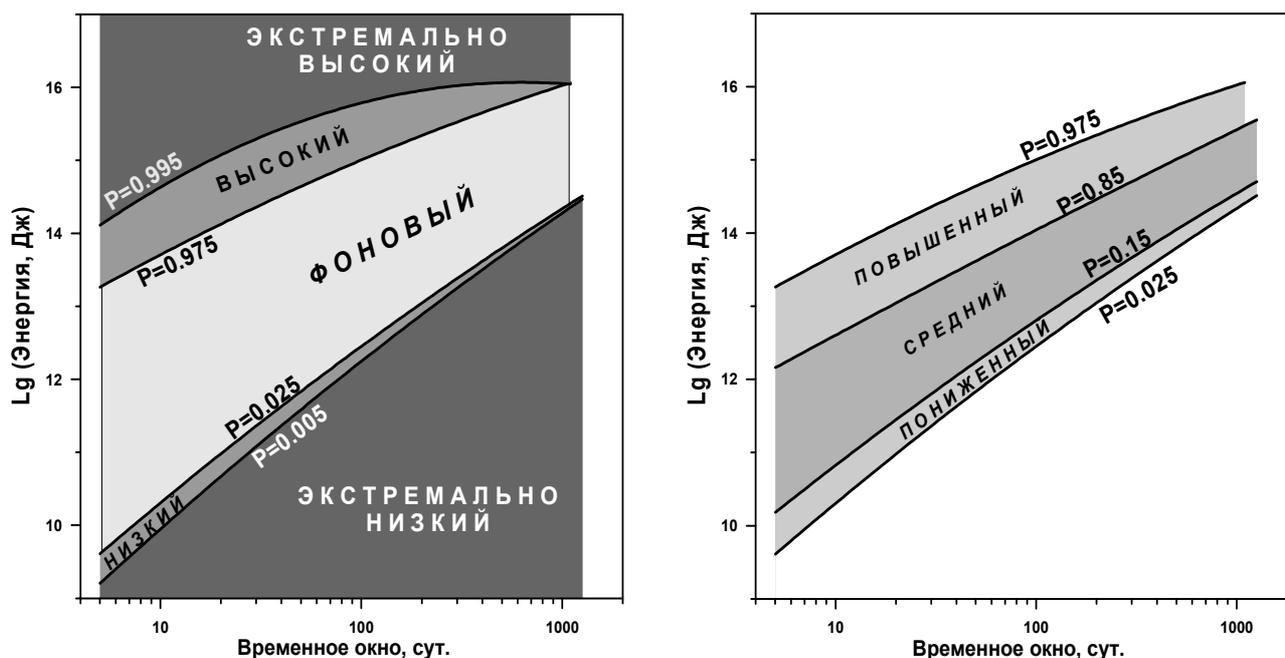


Рис. 1. Номограмма «СОУС-09» для Камчатки. Слева: для основной шкалы в пять градаций уровня сейсмичности. Справа: дополнительное разбиение «фонового» уровня на три подуровня.

Дата	Временной интервал					
	7 дней	15 дней	30 дней	90 дней	180 дней	365 дней
18.03.2009						
25.03.2009						
01.04.2009						
08.04.2009						
15.04.2009						
22.04.2009						
29.04.2009						
06.05.2009						
13.05.2009						
20.05.2009						
27.05.2009						
03.06.2009						
10.06.2009						
17.06.2009						
24.06.2009						
01.07.2009						
08.07.2009						
15.07.2009						
22.07.2009						
29.07.2009						
05.08.2009						
12.08.2009						
19.08.2009						
26.08.2009						
02.09.2009						
09.09.2009						
16.09.2009						
23.09.2009						
30.09.2009						
07.10.2009						
14.10.2009						
21.10.2009						
28.10.2009						
04.11.2009						
11.11.2009						
18.11.2009						
25.11.2009						
02.12.2009						
09.12.2009						
16.12.2009						
23.12.2009						
30.12.2009						

Уровень
сейсмичности:

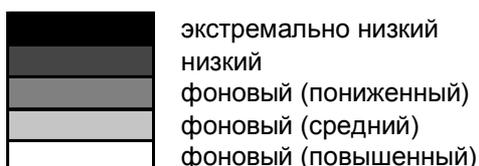


Рис.2. Пример мониторинга уровня сейсмичности в различных временных окнах с марта по декабрь 2009 г. с использованием номограммы «СОУС-09». Использован камчатский региональный каталог с энергетического уровня $K = 8.5$ по [3] для сегмента камчатской сейсмоактивной зоны 50.5° - 56.5° с.ш., 156° - 167° в.д., диапазон глубин 0-300 км. Оценки рассчитывались еженедельно и передавались в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений для оценки региональной сейсмической обстановки. Цветовая шкала отражает диапазон изменения параметра от экстремально низкого до фонового повышенного. Высокий и экстремально высокий уровень сейсмичности в рассматриваемый отрезок времени не наблюдались.

Номограмма “СОУС-09” для Камчатской сейсмоактивной зоны

Для расчетов использован камчатский региональный каталог Геофизической службы РАН с 1962 по 2008 гг. Для анализа выделена сейсмоактивная зона в диапазоне 50.5° - 56.5° по широте, 156° - 167° по долготе, 0-300 км по глубине. Уровень надежной регистрации для этой пространственно-временной области составляет $K = 8.5$ [1] в терминах энергетической классификации [3] или $M_L = 3.5$ по магнитуде. Номограмма “СОУС-09” для Камчатской сейсмоактивной зоны представлена на рис.1.

Дополнительно были рассмотрены варианты расчетов с использованием:

- закругленного каталога (минимальный используемый класс землетрясений менялся от $K_{\min} = 9.5$ до 13.5 с шагом 1);
- оперативного каталога (каталог параметров землетрясения, полученный с задержкой не более 1 сут.);
- каталога Службы срочных донесений.

Из анализа возможностей использования предложенной методики для Камчатской сейсмоактивной зоны на базе регионального каталога Геофизической службы РАН сделаны следующие выводы:

- представительность камчатского каталога позволяет оценивать уровень сейсмичности региона в целом во временном окне до 7 суток;
- для Камчатки возможно получать адекватные оценки уровня сейсмичности для временного окна более 1 год по данным Службы срочных донесений (ССД);
- оценки, сделанные по оперативным данным, соответствуют полученным по окончательному каталогу;
- с увеличением временного окна возможно использование закругленного каталога для получения адекватных оценок. В частности: если для $\Delta T = 7$ сут. необходим каталог с $K_{\min} = 8.5$, то для $\Delta T = 30$ суток допустимо использование $K_{\min} = 9.5$, а для $\Delta T = 1$ год - $K_{\min} = 10.5$.

Заключение

Разработана методика “СОУС-09”, позволяющая в качественных терминах определить уровень сейсмичности в любой заданной пространственно-временной области, основываясь на количественном параметре - значении функции распределения сейсмической энергии.

Предложена шкала оценки уровня сейсмичности: пять основных градаций и три дополнительных.

Отмечены особенности использования данной методики и показаны отдельные ограничения ее применения. В частности, для Камчатки делается вывод о возможности получения устойчивых оценок при использовании оперативного каталога и каталога службы срочных донесений (закругленный каталог), что позволяет оценивать уровень сейсмичности камчатской сейсмоактивной зоны в режиме, близком к реальному времени.

В 2009 г. методика “СОУС-09” внедрена в деятельность Камчатского филиала Геофизической службы РАН. На рис.2. представлены оценки уровня сейсмичности для Камчатки в различных временных окнах, рассчитывавшиеся еженедельно в марте-декабре 2009 г. Оценки уровня сейсмичности используются Камчатским филиалом Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений при регулярной оценке региональной сейсмической обстановки.

Список литературы

1. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И., Сенюков С.Л., Шевченко Ю.В., Ящук В.В. Система сейсмологических наблюдений на Камчатке // Вулканология и сейсмология . 2006. №3. с. 6-27.
2. Салтыков В.А. Формализованная оценка уровня сейсмичности на примере Камчатки и Байкальского региона // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Четвертой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2009. С.178-182.
3. Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М. Наука, 1972. 117 с.