

Анализ особенностей пространственно-временных распределений сейсмических событий Камчатского региона за 1990 – 2013 гг. на основе вероятностной модели

Богданов В.В., Павлов А.В.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Россия

vbogd@ikir.ru, pavlov@ikir.ru

Используя теоретико-вероятностный подход, каталог землетрясений можно представить в виде вероятностного пространства трёх математических объектов: Ω – пространство элементарных событий, \tilde{F} – множество подмножеств случайных событий из Ω , P – вероятности этих случайных событий [1]. Соответственно каждое землетрясение каталога рассматривается как единичный исход ω_i в пространстве Ω , мощность которого задаётся числом событий каталога. Единичный исход ω_i сопровождается регистрацией пяти случайных величин: энергетического класса K , трех координат (широты ϕ , долготы λ и глубины h) и времени t . Так как в дальнейшем будут рассматриваться только пространственные распределения при фиксированном временном интервале, то время единичного события как случайная величина из дальнейшего анализа будет исключено. В этом случае элементарное событие ω_i определяет вектор $\xi_i(\omega_i)$, задаваемый четырьмя случайными непрерывными величинами $\xi_i = (\phi_i, \lambda_i, h_i, K_i)$. Распределение событий за некоторый период ΔT_i в объеме, задаваемого интервалом координат $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$ и Δh , будет представляться как распределение в четырехмерном пространстве n точек, соответствующих концу вектора ξ_i . Случайные события могут составлять произвольную комбинацию из переменного числа случайных величин (при фиксировании других) и образовывать в \tilde{F} некоторые подмножества [2].

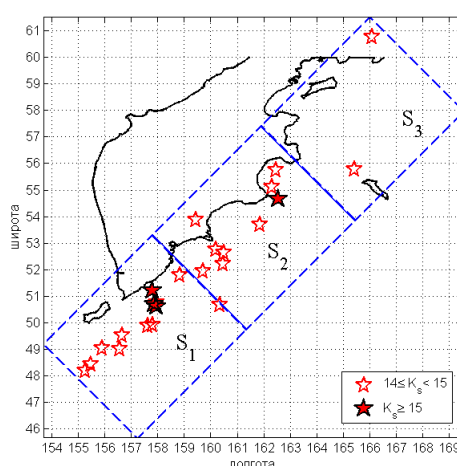


Рис. 1. Расположение исследуемых сейсмоактивных областей S_i . Расположение эпицентров сейсмических событий с энергетическим классом $K \geq 14$, произошедших за временной период T в рассматриваемых областях

В данной работе будет исследоваться случайное событие: “Попадание эпицентров сейсмических событий, произошедших в выбранном в объеме V , в заданные интервалы ши-

роты $\Delta\phi_i$ и долготы $\Delta\lambda_i$ ”. Землетрясения, попадающие в объём V образуют полную группу единичных случайных событий. Разделение поверхности сейсмоактивного объёма на сегменты производится так, чтобы области не перекрывались. Соответственно, если в заданном объёме V за рассматриваемый период ΔT зафиксировано N землетрясений, а в некотором элементарном объёме ΔV_i , являющемся частью объёма V произошло n_i событий, то вероятность рассматриваемого случайного события можно вычислить как $P = n_i/N$. Выбрав некоторый период T и проходя его заданным временным окном ΔT со скользящим шагом Δt , можно вычислить временной ряд вероятностей случайного события.

Для исследования сейсмического режима области S , расположенной вдоль восточного побережья Камчатки в диапазоне широт $46^\circ - 60^\circ$, было произведено её разделение на 3 неперекрывающихся области S_1, S_2, S_3 (рис.1). Согласно делению Камчатского региона на зоны сейсмичности [3], область S_1 захватывает часть сейсмофокальной зоны Курил и Южной Камчатки, S_2 – северную часть Камчатской сейсмофокальной зоны, а область S_3 захватывает часть Командорского сегмента Алеутской дуги и часть Корякского сейсмического пояса. За рассматриваемый период $T=1990.01.01-2013.05.01$ гг. в области S произошло 25 сейсмических событий с энергетическим классом $K \geq 14$ и с глубиной гипоцентров до 100 км, причём 14 произошло в области S_1 , 9 в S_2 и 2 в S_3 . На временном интервале T можно отметить несколько периодов повышенной сейсмической активности. Это период 1992–1998гг., когда произошло 6 событий с $K \geq 14$, из которых событие 1993.06.08 ($M=7,4$) и Кроноцкое событие 1997.12.05 ($M=7,9$) имели $K \geq 15$. А также период 2010.01.01–2013.05.01 гг., когда произошло 13 событий с $K \geq 14$, из которых 2 события с энергетическим классом $K \geq 15$.



Рис. 2. Временной ряд вероятностей попадания сейсмических событий в область S_1

Для трёх сейсмоактивных областей (рис.1) были вычислены временные ряды вероятностей исследуемого случайного события, проходя временной интервал T с окном $\Delta T=1$ год и скользящим шагом $\Delta t=10$ суток. На рис.2–4 представлены временные ряды вероятностей P для каждой из рассматриваемых областей S_1, S_2, S_3 . На временной шкале каждого графика отмечено время сейсмических событий с энергетическим классом $K \geq 13$, произошедших в соответствующей области.

Анализ рядов вероятностей показал, что наибольшая сейсмическая активность за рассматриваемый период T наблюдалась в области S_2 , для которой средняя вероятность со-



Рис. 3. Временной ряд вероятностей попадания сейсмических событий в область S_2

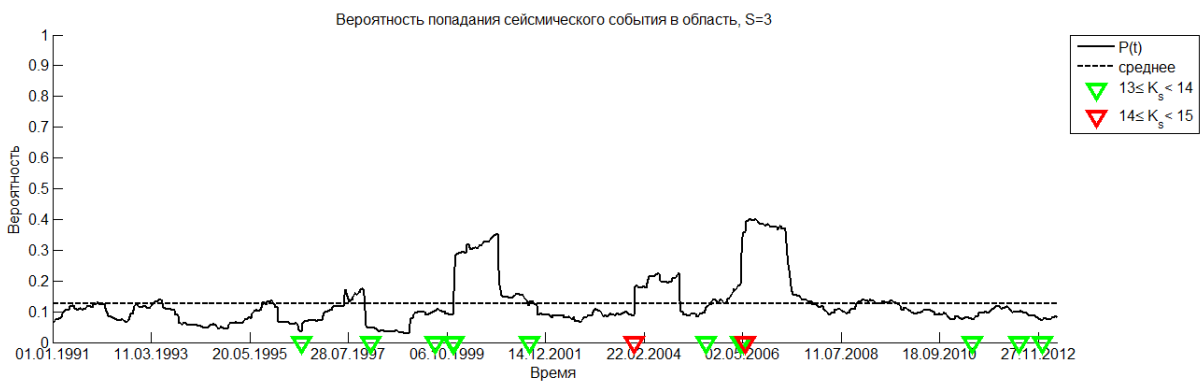


Рис. 4. Временной ряд вероятностей попадания сейсмических событий в область S_3

ставила 0,57. Наименьшая вероятность приходится на область S_3 со средним значением 0,13. Для области S_1 средняя вероятность составила 0,3. В области S_3 заметное повышение вероятности происходило только в 1999 и 2006 гг. Для области S_2 в период 1990–2000 гг. характерна высокая сейсмическая активность, особенно в 1990–1993 гг., и после Кроноцкого события в 1997 – 1999 гг., когда вероятность попадания сейсмических событий в эту область была $\approx 0,9$. В последующие годы сейсмическая активность в области S_2 стала снижаться и начиная с 2006 г. вероятность стала меньше среднего многолетнего уровня. В области S_1 повышение сейсмоактивности было в 1993–1994 гг., когда вероятность попадания сейсмических событий в эту область достигла 0,5. Начиная с 2007 г. в S_1 происходил рост вероятностей, превысивший в 2 раза средний многолетний уровень в 2010 – 2013 гг. В период с 2011 по апрель 2013 г. в этой области произошло 11 сейсмических событий с энергетическим классом $K \geq 14$. Таким образом с помощью представленного в данной работе метода, основанного на применении теоретико-вероятностного подхода к каталогу Камчатских землетрясений, позволившего вычислить вероятности попадания сейсмических событий в заданный сейсмоактивные области, удалось обнаружить рост сейсмической активности, происходивший на протяжении 2007–2010 гг. в сейсмофокальной зоне Курил и Южной Камчатки (область S_1) и предшествовавший серии крупных землетрясений с $K \geq 14$, произошедших в этой зоне в 2011 – 2013 гг.

Литература

1. Богданов В.В. Интерпретация закона повторяемости землетрясений на примере Камчатского региона // ДАН. – 2006. – Т. 408. – №3. – С. 393-397.
2. Богданов В.В., Павлов А.В., Полухова А.Л. Вероятностная модель сейсмичности на примере камчатских землетрясений // Вулканология и сейсмология. – 2010. – №6. – С.64-74.
3. Левина В.И., Ландер А.В., Митюшжина С.В., Чеброва А.Ю. Сейсмичность Камчатского региона 1962-2011 гг. // Вулканология и сейсмология. – 2013. – №1. – С 41-64.

Analysis of peculiarities of seismic event spatio-temporal distributions in Kamchatka region during 1990 - 2013 based on probabilistic model

Bogdanov V.V., Pavlov A.V.

Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation FEB RAS, Russia

Investigation of the seismic regime of Kamchatka region is based on the probabilistic approach to the catalog of seismic events for 1990-2013. In the research, the seismically active area along the eastern coast of Kamchatka has been divided into segments, for which the probability of occurrence of seismic events was calculated. Analysis of the obtained probability distributions in time has shown, that since 2007-2008 there was an increase in the probability value, which exceed the average long-term level, in the southern part of the area under the study. The growth of probability, showing the increase of seismic activity, preceded seismic events with the energy of class $K > 14$, which occurred in the southern area in 2011 - 2013.