

УДК 519.213 + 550.34
DOI 10.17223/19988621/38/5

М.А. Приходовский

ОБ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ ПО ШИРОТНЫМ ИНТЕРВАЛАМ

Предлагается корректировка методов исследования распределения сейсмичности по широтным интервалам. Вводятся нормирующие коэффициенты для широтных интервалов, что позволит учитывать такой фактор, как доля площади земной поверхности, которую занимает тот или иной широтный интервал, и более корректно отображать влияние приливных сил на сейсмичность в каждом широтном интервале.

Ключевые слова: *распределение землетрясений, широтный интервал*

В работах [1, 2] рассматривается распределение землетрясений по широтным интервалам. Отмечено, что «в районе полюсов землетрясения практически не происходят вообще, в высоких широтах их количество весьма невелико» [2, с. 52]. Согласно упоминаемой там же, а также в [3] теоретической модели приливного воздействия, максимумы значений энергии, передаваемой литосфере в результате воздействия приливных сил, должны быть расположены в районе 45° северной и южной широты. В то же время из гистограммы [2, с. 52, рис.1], видно, что наибольшее количество землетрясений происходит в интервалах между 0 и 10° ю.ш. и 30 и 40° с.ш. В северном полушарии максимум располагается не на широте 45° , а между 30 и 40° , в южном полушарии совсем близко к экватору, между 0 и 10° , что противоречит фразе «в районе экватора отчётливо виден неглубокий локальный минимум» [2, с. 52]. Всё это также не согласуется с утверждением о том, что «сопоставление теоретической модели с материалами наблюдений показывает достаточно удовлетворительное согласие» [2, с. 53]. Несоответствия свидетельствуют о том, что остаётся ещё много открытых проблем, и исследования в данной области очень актуальны. Проблема воздействия приливных сил на сейсмичность становилась темой изучения примерно в те же годы и в других работах, например [4, с. 219; 5].

Предлагаемый Левиным метод исследования распределения сейсмичности по широтным интервалам обладает следующим существенным недостатком: он учитывает абсолютное количество землетрясений на том или ином широтном интервале, но не учитывает тот очевидный факт, что площади широтных интервалов различны.

Некорректность существующего учёта сейсмичности по широтным интервалам состоит в том, что в указанных источниках рассматривается непосредственно количество землетрясений на том или ином широтном интервале, без учёта площади, занимаемой широтным интервалом на земной поверхности.

Применим понятие условной вероятности, формулу полной вероятности и формулу Байеса к рассмотрению указанных величин. Обозначим через H_i событие, состоящее в том, что точка земной поверхности находится в i -м широтном интервале, тогда $P(H_i)$ – вероятность того, что случайно взятая точка на земной

поверхности находится именно в i -м широтном интервале. Эта величина прямо пропорциональна доле площади, занимаемой данным широтным интервалом на земной поверхности. Обозначим через $P(A/H_i)$ сейсмичность i -го широтного интервала, то есть вероятность того, что на единице площади, принадлежащей i -му широтному интервалу, произойдёт землетрясение. $P(H_i/A)$ – апостериорная вероятность события, состоящего в том, что если землетрясение произошло, то оно произошло именно в i -м широтном интервале. Согласно формуле Байеса,

$$P(H_i/A) = \frac{P(H_i)P(A/H_i)}{P(H_1)P(A/H_1) + \dots + P(H_n)P(A/H_n)}$$

Плотность распределения вероятности землетрясения на каком-либо широтном интервале в целом и вероятности землетрясения на произвольной единице площади, принадлежащей этому интервалу, – различные величины. Первая соответствует $P(H_i)P(A/H_i)$, вторая $P(A/H_i)$. В работе [2] рассматривается фактическое число землетрясений на каждом широтном интервале, то есть сейсмичность широтного интервала отождествляется с величиной $P(H_i)P(A/H_i)$. В то же время для оценки сейсмичности территории, то есть вероятности землетрясения на одной и той же единице площади, например 1 кв. км, необходимо рассматривать величину $P(A/H_i)$, то есть поделить количество землетрясений на нормирующие коэффициенты, равные площади земной поверхности, приходящейся на тот или иной широтный интервал. Напрямую сопоставлять разность широт с количеством землетрясений не вполне корректно, так как площадь широтного интервала, расположенного между широтами φ_1 и φ_2 , зависит не только от разности широт $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$, но и ещё и от абсолютного значения широт, между которыми расположен данный интервал. Эта площадь сильно уменьшается по мере движения от экватора к полюсам, поэтому при изучении плотности распределения землетрясений по широтам более корректно нормировать показатели сейсмичности с учётом фактической площади данного пояса.

Рассчитаем нормирующие коэффициенты $P(H_i)$. Отметим, что в рассматриваемых публикациях $n = 18$, так как взяты широтные интервалы по 10° , однако можно обобщить для любого разбиения.

Ниже выведены коэффициенты нормирования и показана скорректированная гистограмма сейсмичности по широтам. Площадь той части поверхности сферы радиуса R , которая расположена в полосе между широтами φ_1 и φ_2 , составляет $2\pi R^2 (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1)$.

Примечание. Площадь шарового слоя вычисляется либо по известной формуле, либо с помощью двойного интеграла $S = \iint_D \sqrt{1 + (f'_x)^2 + (f'_y)^2} dx dy$ для

функции $f(x, y) = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$.

Таким образом, доля поверхности Земли, расположенная между широтами φ_1 и φ_2 , составляет $\frac{2\pi R^2 (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1)}{4\pi R^2} = \frac{1}{2}(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1)$. Соответственно доля площади широтного интервала, расположенного между широтами φ_1 и φ_2 , отно-

сительно площади всего полушария, есть $(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1)$. Чтобы оценить, насколько данная площадь отклоняется от величины $(\varphi_1 - \varphi_2)$, поделим на $1/9$ (так как базовое значение разности широт в [2] изначально полагается 10°). Можно таким же образом вводить и более мелкие широтные интервалы и формировать аналогичные нормирующие коэффициенты для них.

Широтный интервал	$\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1$	$\frac{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1}{\varphi_2 - \varphi_1}$	Нормирующий коэффициент
$0^\circ-10^\circ$	0,17365	1,56285	0,639856
$10^\circ-20^\circ$	0,16838	1,51533	0,659922
$20^\circ-30^\circ$	0,15789	1,42101	0,703725
$30^\circ-40^\circ$	0,14279	1,28511	0,778143
$40^\circ-50^\circ$	0,12326	1,10925	0,901510
$50^\circ-60^\circ$	0,09999	0,89991	1,111222
$60^\circ-70^\circ$	0,07367	0,66294	1,508432
$70^\circ-80^\circ$	0,04513	0,40608	2,462569
$80^\circ-90^\circ$	0,01519	0,13671	7,314754

Описание таблицы. В первом столбце вводятся рассматриваемые широтные интервалы. Во втором столбце показана доля площади поверхности полушария Земли, приходящаяся на диапазон между данными широтами. В третьем столбце вычислены коэффициенты, показывающие, во сколько раз площадь данной полосы больше либо меньше, чем было бы без учёта площади поверхности, а с учётом только разности широт, как было сделано в [2]. В четвертом столбце приводятся величины, обратные к величинам предыдущего столбца, то есть коэффициенты нормировки, на которые нужно умножить, чтобы получить значение сейсмичности в данном диапазоне широт с учётом площади, занимаемой этой полосой на поверхности Земли.

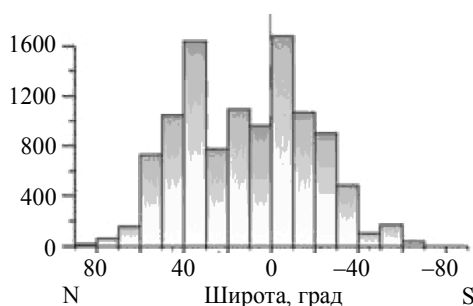


Рис. 1

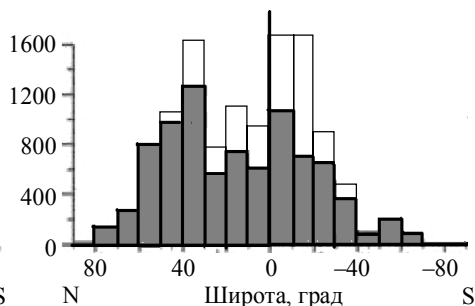


Рис. 2

Слева приводится рис. 1 из [2, с. 52], справа – с учётом корректировки, предлагаемой в данной статье.

Следует отметить, что широтное распределение сейсмичности не может быть связано только с распределением подземной энергии по широтам, а зависит ещё и от особенностей строения земной коры в конкретных областях Земли, то есть от того, где именно проходят геологические разломы, от распределения площади суши и океанов на той или иной широте. Например, в северном полушарии материка занимают гораздо больший процент территории, чем в южном полушарии.

Это значит, что там, как минимум, больше сейсмических станций и больше зафиксированных землетрясений, даже если сейсмичность полушарий была бы примерно одинакова. На гистограммах, как без нормировки (из [2]), так и с нормировкой, публикуемой в данной работе, видна явная асимметрия: сейсмичность северного полушария больше, чем южного, и простирается до широт 80° , тогда как в южном полушарии, несмотря на наличие сейсмостанций в Антарктиде, сейсмичность в широтном интервале $70-90^\circ$ практически не наблюдается. Сейсмическая активность явно смещена в сторону северного полушария.

Предлагается в исследованиях распределения сейсмичности по широтам использовать нормирующие коэффициенты, вводимые в данной работе, что приведёт к более корректному учёту сейсмичности при исследовании распределения землетрясений по широтным поясам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б.В., Чирков Е.Б. Особенности широтного распределения сейсмичности и вращения Земли // Вулканология и сейсмология. 1999. № 6. С. 65–69.
2. Левин Б.В. О природе некоторых периодических изменений в сейсмическом режиме Земли // Вестник ДВО РАН. 2006. № 1. С. 51–58.
3. Левин Б.В., Павлов В.П. Влияние астрономических факторов на вариации плотности энергии в твёрдой оболочке Земли // Изв. РАН. Физика Земли. 2003. № 3. С. 71–76.
4. Физика землетрясений и предвестники / Г.А. Соболев, А.В. Пономарёв. М.: Наука, 2003. 270 с.
5. Приходовский М.А. О сходстве внешних факторов, порождающих циклы солнечной и сейсмической активности // Естественные и технические науки. 2006. № 3. С. 28–31.

Статья поступила 02.09.2015 г.

Prikhodovsky M.A. ON AN IMPROVEMENT OF EVALUATION CRITERIA FOR THE SEISMICITY DISTRIBUTION OVER LATITUDE INTERVALS

DOI 10.17223/19988621/38/5

A modification of methods for studying the seismicity distribution over latitude intervals is proposed. Introducing normalizing factors for latitude intervals makes it possible to take into account the fraction of the Earth's surface occupied by an individual latitudinal range and to more accurately reflect the effect of tidal forces on seismicity in each latitudinal interval.

Keywords: distribution of earthquakes, latitude range.

Prikhodovsky Mikhail Anatolyevich (Candidate of Physics and Mathematics, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation)
E-mail: prihod1@yandex.ru

REFERENCES

1. Levin B.V., Chirkov E.B. Osobennosti shirotnogo raspredeleniya seysmichnosti i vrashchenie Zemli. *Vulkanologiya i seysmologiya*, 1999, no. 6, pp. 65–69. (in Russian)
2. Levin B.V. O prirode nekotorykh periodicheskikh izmeneniy v seysmicheskom rezhime Zemli. *Vestnik DVO RAN*, 2006, no. 1, pp. 51–58. (in Russian)
3. Levin B.V., Pavlov V.P. Vliyanie astronomicheskikh faktorov na variatsii plotnosti energii v tverdoy obolochke Zemli. *Izv. RAN. Fizika Zemli*, 2003, no. 3, pp. 71–76. (in Russian)
4. *Fizika zemletryaseniy i predvestniki* / G.A.Sobolev, A.V.Ponomarev. Moscow, Nauka Publ., 2003. 270 p. (in Russian)
5. Prikhodovsky M.A. O skhodstve vneshnikh faktorov, porozhdayushchikh tsikly solnechnoy i seysmicheskoy aktivnosti. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2006, no. 3, pp. 28–31. (in Russian)