

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ПАДЕНИЙ МЕТЕОРИТОВ И БОЛИДОВ ПО ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Е. Р. Высоких

Челябинский государственный университет

Проведен анализ зависимости числа зарегистрированных падений метеоритов на единицу площади от численности населения стран Европы и Азии. Использовалась выборка 964 падений метеоритов с 1860 по 2021 г. Показано, что имеется корреляция плотности падений метеоритов с плотностью населения, а также с уровнем развития населения и неоднородностью распределения населения по территории. Болиды регистрируют с помощью приборов, распределение числа болидов по географической долготе близко к равномерному. У полюсов число регистраций болидов на единицу площади падает в ~ 1.42 раза в Северном и в ~ 1.53 — в Южном полушарии.

THE DISTRIBUTION OF THE NUMBER OF METEORITES AND BOLIDES OVER THE EARTH'S SURFACE

E. R. Vysokikh

Chelyabinsk State University

The analysis of the dependence of the number of recorded meteorites per unit in area on the population of Europe and Asia countries is carried out. A sample of 964 meteorites from 1860 to 2021 was used. It is shown there is a correlation between the density of meteorite and the population density, as well as the level of the population development and the heterogeneity of the distribution of the population across the territory. The bolides are registered by the instruments, and the distribution of the registered bolides number of along geographical longitude is close to uniform. At the poles, the number of bolide registrations per unit area drops by ~ 1.42 times in the Northern Hemisphere and by ~ 1.53 in the Southern Hemisphere.

Введение

Ежегодно на поверхность Земли выпадает несколько десятков тысяч тонн космического вещества [1]. Не все вошедшие в атмосферу Земли метеороиды регистрируются как метеориты, часть из них полностью сгорает в атмосфере, часть попадает в моря и океаны, которые занимают $\sim 70\%$ поверхности Земли. Лишь малая часть упавших на сушу метеоритов может быть найдена.

По способу обнаружения все метеориты делятся на падения и находки. Падениями называют метеориты, найденные сразу же после наблюдавшегося торможения метеороида в земной атмосфере. Если метеороид разрушился на множество фрагментов, дополнительные экземпляры могут находить и после падения. Метеориты, падение которых не наблюдалось, называют находками (<https://www.meteorites.ru>). Таким образом, регистрация падений метеоритов происходит там, где есть наблюдатели.

Регистрация болидов осуществляется с помощью инфразвуковых станций международной сети по отслеживанию ядерных испытаний, болидных сетей и спутников и не зависит от наличия наблюдателя. Среднее число ежегодно регистрируемых болидов почти в 5 раз превышает число метеоритов [2].

Представляет интерес исследовать и сравнить распределение числа зарегистрированных падений метеоритов и болидов по поверхности Земли.

Распределение числа падений метеоритов по странам

Информация о падениях метеоритов на Землю приведена в Meteoritical Bulletin Database (<http://www.lpi.usra.edu/meteor/>). С 1860 по 2021 г. зарегистрировано 964 падения. Мы провели анализ зависимости числа зарегистрированных падений метеоритов на единицу площади (плотность падений метеоритов) от численности населения стран Европы и Азии (<https://www.worldometers.info/>). В Европе, за исключением Восточной и Северной Европы, плотность падений метеоритов составила ~ 0.33 шт./(млн км²·год). В Северной Европе плотность населения меньше и плотность падений метеоритов равна ~ 0.13 , на европейской части территории России она составляет ~ 0.044 шт./(млн км²·год).

В Азии самая большая плотность падений метеоритов наблюдается в Японии, ~ 0.56 шт./(млн км²·год), что согласуется с высокой плотностью населения страны. Далее в порядке уменьшения плотности падений следует Бангладеш и Индия — 0.35 и 0.20 шт./(млн км²·год), хотя плотность населения в этих странах выше, чем в Японии. В азиатских странах с небольшой плотностью населения: Пакистан, Индонезия, Турция, Казахстан, азиатская часть России — плотность зарегистрированных падений метеоритов существенно ниже по сравнению с Японией, но зависимости от плотности населения четко не прослеживается. Это указывает на влияние других факторов: уровня культуры населения, неравномерности распределения населения по территории страны.

В статье Хьюза [3], где исследована статистика падения метеоритов с 1700 по 1975 г., для Японии (исключая Хоккайдо), найдено значение ~ 0.66 метеоритов в год на 1 млн км². Для Европы, исключая Норвегию, Швецию и Россию, Хьюз получил ~ 0.3 метеоритов в год на 1 млн км². Это согласуется с результатами нашей работы.

Распределение числа регистраций болидов по географической широте и долготе

Данные о 880 болидах с энергией больше 0.07 кт в ТНТ, зарегистрированных с 1995 по 2021 г., представлены на сайте NASA (<https://cneos.jpl.nasa.gov/fireballs/>). Для изучения зависимости числа регистраций болидов от географической широты были выделены участки с интервалом широт в 15°, по которым отсортированы болиды. Поскольку площади этих участков разные и к полюсам уменьшаются, было рассчитано число болидов на 1 млн км² (плотность регистраций болидов). На рис. 1 представлена зависимость числа зарегистрированных болидов на единицу площади от географической широты. На рисунке видно, что число зарегистрированных болидов на 1 млн км² примерно одинаково на широте от 0 до 75°. У полюсов, на интервале широт 75–90°, плотность регистраций болидов падает в ~ 1.42 раза в Северном и в ~ 1.53 в Южном полушарии. В Северном полушарии есть «провал» плотности болидов на широте 60–75°. Одна из причин уменьшения плотности болидов к полюсам может быть связана с особенностями движения тел Солнечной системы. Орбиты планет Солнечной системы и астероидов лежат практически в одной плоскости, называется плоскость эклиптики. Наклон оси вращения Земли по отношению к плоскости, перпендикулярной плоскости ее движения, составляет 23.5°. Поэтому число метеороидов, ходящих в атмосферу Земли, должно уменьшаться к полюсам. Второй возможной причиной является отягощенность используемой выборки эффектами наблюдательной селекции. Данные о болидах, которые мы использовали, получены по наблюдениям со специальных спутников и на сайте NASA (<https://cneos.jpl.nasa.gov/fireballs/>), нет утверждений о их полноте. Полнота данных зависит от покрытия земной атмосферы наблюдениями, по широте спутниковые наблюдения скорее всего нельзя считать равномерными.

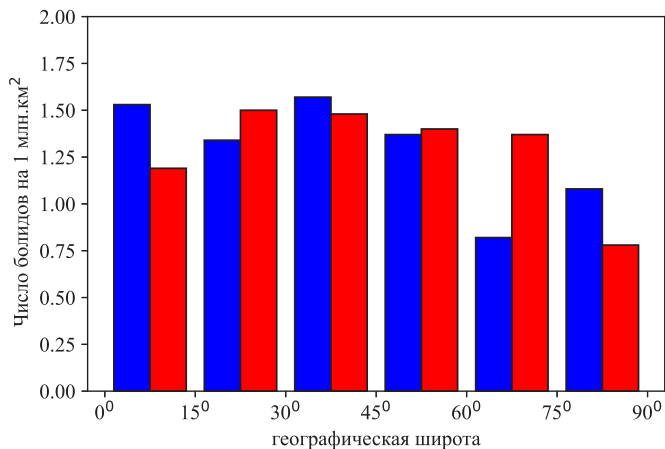


Рис. 1. Зависимость числа зарегистрированных болидов от географической широты. Синим цветом выделено Северное полушарие, красным — Южное полушарие

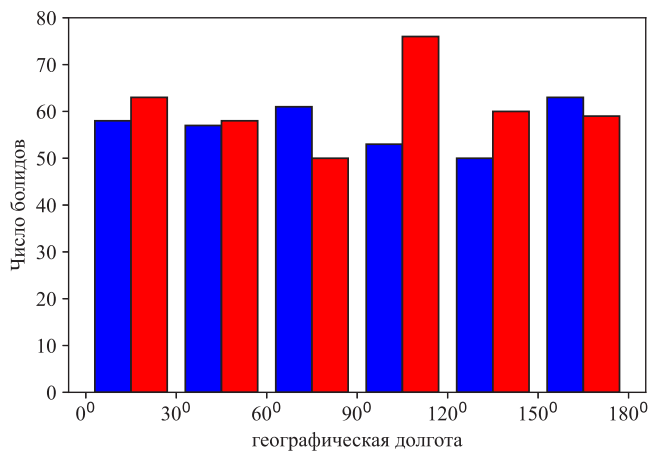


Рис. 2. Зависимость числа зарегистрированных болидов от географической долготы. Синим цветом выделено Западное полушарие, красным — Восточное полушарие

При исследовании зависимости числа падений болидов от долготы земной шар был разбит на 12 секторов с интервалом в 30° , по которым отсортированы болиды. Площади секторов земного шара при таком разбиении равны. На рис. 2 видно, что число регистраций болидов практически не зависит от географической долготы. Небольшой избыток числа болидов имеется только на интервале $90\text{--}120^\circ$ восточной долготы.

В работе [4] авторы исследовали распределение по широте и долготе для 33 суперболидов с энергией взрыва в диапазоне от 1 до ~ 500 кт, зарегистрированных с 2000 по 2014 г. инфразвуковыми датчиками международной системой мониторинга. Они показали, что распределение плотности регистраций болидов по широте не является равномерным, наблюдается ее уменьшение на широтах выше 50° . Распределение числа регистраций болидов по долготе близко к равномерному. Некоторое отличие от результатов, полученных в нашей работе, может быть связано с используемыми выборками. Мы использовали выборку болидов с энергией больше 0.07 кт, а в [4] исследовали выборку суперболидов с энергией больше 1 кт.

Заключение

В работе исследовано распределение числа падений метеоритов и болидов по поверхности Земли на основе данных о 964 метеоритах, зарегистрированных с 1860 по 2021 г., и о 880 болидах с энергией больше 0.07 кт в ТНТ, зарегистрированных с 1995 по 2021 г.. Анализ полученных распределений позволяет сделать следующие выводы:

- имеется корреляция числа падений метеоритов на 1 млн км^2 в год с плотностью населения стран Европы и Азии, а также с уровнем развития населения и неоднородностью распределения населения по территории;
- болиды регистрируют с помощью приборов, число регистрируемых болидов не зависит от географической долготы. У полюсов число регистраций болидов на единицу площади падает в ~ 1.42 раза в Северном и в ~ 1.53 в Южном полушарии. Возможными причинами этого могут являться как неполнота данных о регистрации падений метеороидов вблизи полюсов с помощью спутниковых наблюдений, так и анизотропность падений метеороидов на Землю.

Полученные результаты не противоречат результатам других авторов.

Библиографические ссылки

- [1] Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра / ред. Б. М. Шустов, Л. В. Рыхлова. — М. : Физматлит, 2010. — 384 с.
- [2] Дудоров А. Е., Еретнова О. В. Частота падений метеоритов и болидов // *Астрон. вестн.* — 2020. — Т. 54. — С. 247–259.
- [3] Hughes D. W. Meteorite Falls and Finds: Some Statistics // *Meteorities.* — 1981. — Vol. 16. — P. 269–281.
- [4] de La Fuente Marcos C., de La Fuente Marcos R. Recent multi-kiloton impact events: are they truly random? // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2015. — Vol. 446. — P. L31–L35.