

## КЛИМАТОЛОГИЯ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ НАД ЯПОНСКИМ МОРЕМ

**Пермяков М.С., Клещёва Т.И., Капач С.С., Журавлев П.В.**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток  
permyakov@poi.dvo.ru, kapach\_ss@poi.dvo.ru*

Японское море известно высокой повторяемостью и разнообразием опасных метеорологических явлений, большая часть которых сопровождаются грозами с ливневыми осадками и шквалистыми ветрами. Однако, климатология гроз здесь остается практически не изученной. Так, в справочном издании [1] грозы не упоминаются совсем. При этом грозы над Японским морем наблюдаются круглый год, а зимние грозы и снежные штормы являются характерными для его юго-восточной части и часто связаны с вторжениями холодных воздушных масс с Евро-Азиатского материка на сравнительно теплую поверхность моря.

Цель настоящей работы – показать результаты расчета и анализа основных климатических характеристик грозовой активности над Японским морем по многолетним данным глобальной сети локализации молний World Wide Lightning Location Network (WWLLN) [3] за 2009-2023 годы. В качестве основной характеристики грозовой активности используется плотность молниевых разрядов, которая определялась как сумма числа молний, попадающих в круги площадью  $100 \text{ км}^2$  с центрами в узлах географической сетки с шагом  $0,1^\circ$  за определенный период (год, месяц).

За пятнадцатилетний период над Японским морем сетью WWLLN было зарегистрировано 2 329 524 разрядов. Среднегодовая плотность их распределения  $P$  варьирует от  $\sim 0$  до 58 разрядов/ $100 \text{ км}^2/\text{год}$ , достигая максимального значения на юго-востоке (рис. 1а). Её среднее ( $\bar{P}$ ) и медианное ( $\tilde{P}$ ) значения составили соответственно 16 и 14 разряда/ $100 \text{ км}^2/\text{год}$  при среднем квадратичном отклонении ( $\sigma$ ) равном 9,5 разрядам/ $100 \text{ км}^2/\text{год}$ . Для анализа региональных особенностей грозовой активности было выделено шесть районов, отличающихся по статистическим характеристикам пространственно-временной изменчивости полей плотности

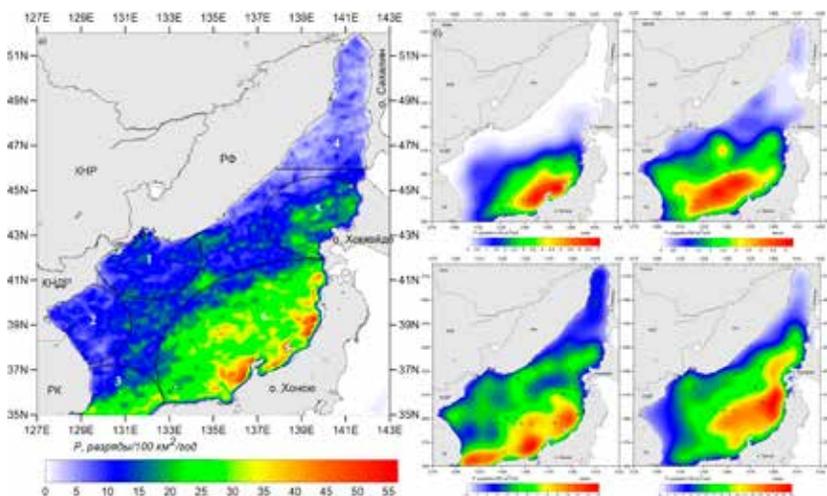


Рис. 1. Среднегодовое (а) и сезонные (сглаженные) (б) зимой (1), весной (2), летом (3) и осенью (4) поля плотности молний  $P$

(рис. 1б). На рисунке 1б показаны поля плотности молний  $P$  в отдельные сезоны. Как видно, грозовая активность наблюдается в любое время года над его юго-восточной частью, в то время как над остальными акваториями её пространственное распределение в течение года претерпевает существенные изменения.

Гистограмма распределения числа молний по месяцам на рис. 2а показывает годовой ход грозовой активности над морем. Можно отметить ее минимум в феврале (1%) и максимум в августе (~ 20%). При этом больше всего молний было зарегистрировано осенью (сентябрь – ноябрь) – 44%, летом (июнь – август) – 36%, весной (март – май) – 11% и 9% – зимой (декабрь – февраль). Сезонно-суточная диаграмма (нормированная на максимальные значения) на рис. 2б показывает, как в течение года изменяется суточный ход грозовой активности.

Значительная пространственная изменчивость грозовой активности над морем проявляется в ее характеристиках в выделенных районах. Наименьшие значения основных статистических характеристик поля плотности молний ( $P_{max} = 13$ ,  $\bar{P} = 5,4$ ,  $\tilde{P} = 5,1$ ,  $\sigma = 2,1$  разрядов/100 км<sup>2</sup>/год) получены в Татарском проливе (район № 4), наибольшие ( $P_{max} = 58$ ,  $\bar{P} = 26$ ,  $\tilde{P} = 26$ ,  $\sigma = 8,3$  разрядов/100 км<sup>2</sup>/год) – над юго-восточной акваторией (район № 6). Отмечается

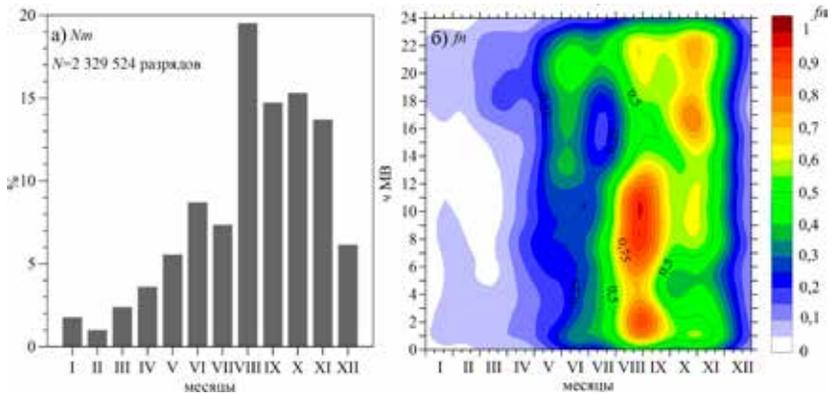


Рис. 2. Годовой ход числа молний по месяцам ( $P$ ) и сезонно-суточная диаграмма (нормированная на максимум)

значительный широтный ход значений характеристик  $P$ , которые растут с севера на юг как в западных (№ 1–3), и так в восточных (№ 4–6) акваториях моря. Исключением является юго-западный район (№ 2), для которого значения характеристик плотности несколько ниже, чем для соседнего северо-западного района (№ 1).

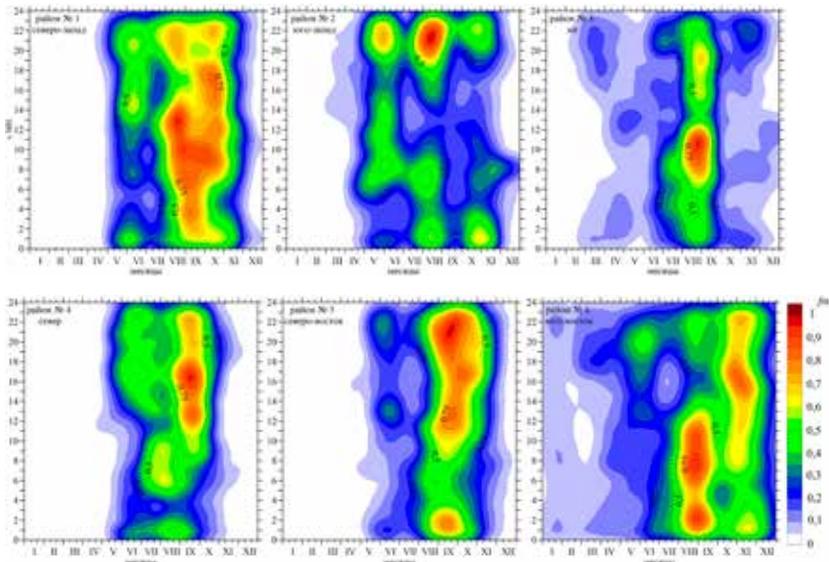


Рис. 3. Диаграммы сезонно-суточной изменчивости для 6-ти районов моря

Значительно районы отличаются по годовому ходу грозовой активности и ее изменению в течение суток, что можно видеть на сезонно-суточных диаграммах на рис. 3.

Известно, что над морями и океанами при меньшей частоте и плотности молний, чем над сушей, молниевые разряды имеют бóльшую энергию, при этом Японское море отмечается как один из районов, в которых регистрируются разряды с энергией на три порядка больше глобальной средней энергии молниевых разряда (1000 Дж) (superbolts) [2]. За период 2011–2023 гг. над Японским морем в сети WWLLN было зарегистрировано 2006149 разрядов, значения энергии  $E$  которых варьировали в диапазоне до  $5,1 \cdot 10^7$  Дж, при среднем значении в  $4,9 \cdot 10^3$  Дж. Из них 86% - слабые с  $E$  менее  $4,5 \cdot 10^3$  Дж; 12% – сильные с  $E$  от  $4,5 \cdot 10^3$  Дж до  $2,8 \cdot 10^4$  Дж и 2% – очень сильные с  $E$  от  $2,8 \cdot 10^4$  Дж до  $1 \cdot 10^6$  Дж. 0,03% (623) составляют супермолнии с  $E$  более  $10^6$  Дж. Они зарегистрированы над всеми районами моря рис. 4а, их наибольшая концентрация – на юго-востоке. Наименьшее число супермолний (7) зарегистрировано в 2021 году, наибольшее (286) – в 2013 г. (рис. 4б). На рис. 4б

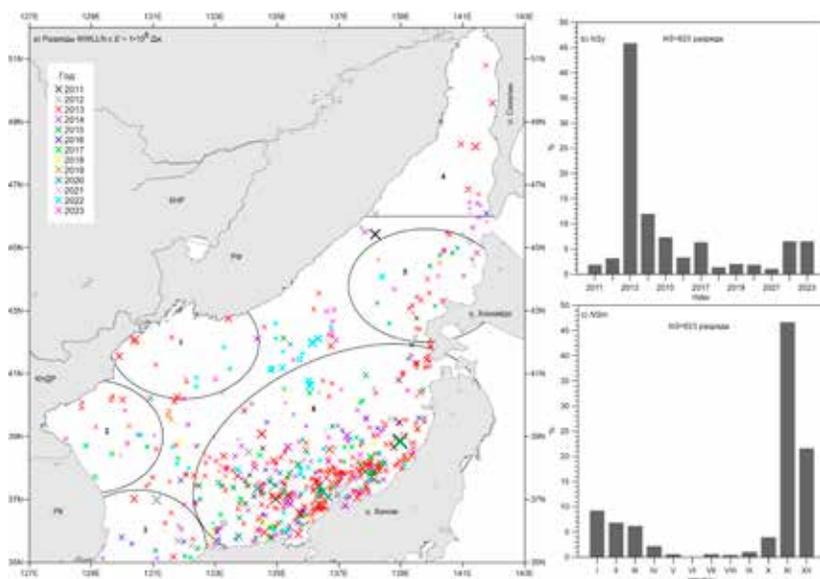


Рис. 4. Местоположение разрядов с энергией больше  $1 \cdot 10^6$  Дж («superbolts») (а) и гистограммы межгодового (б) и внутригодового (в) хода их количества

показан характерный годовой ход их количества по месяцам с максимумом в ноябре (47%, 291 разряд) и минимумом в июне. Это согласуется со статистикой «*superbolts*» в [2], которая показывает, что большая их часть регистрируется в холодное время года в ноябре–феврале, а в летние месяцы их в ~20 раз меньше.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-27-20097 и администрации Приморского края, <https://rscf.ru/project/25-27-20097/>.

### Литература

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том VIII. Японское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат. - 2003. 400 с.
2. Holzworth R.H., McCarthy M.P., Brundell J.B., Jacobson A.R., Rodger C.J. Global distribution of superbolts // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2019. Vol. 124. P. 9996-10005. doi.org/10.1029/2019JD030975.
3. WLLN – World Wide Lightning Location Network. URL: <http://wwlln.net> (дата обращения: 2024).