
ГЕОФИЗИКА

УДК 551.501

Влияние плотности солнечного ветра на конвективные грозо-градовые облака*Балкарова С.Б., Этезова М.Б., Ахсалба А.К., Жолаева Ф.Б.*

Представлено академиком АМАН Х.М. Каловым

Введение.

Изменчивость земной погоды и долговременные колебания климата привлекают в последние десятилетия повышенное внимание геофизиков и астрономов. При этом исследования солнечно-земных связей развиваются в нескольких направлениях: статистические данные, численное моделирование, физическое (лабораторное) моделирование на Земле и натурные эксперименты в околоземном пространстве. Гелиосфера - солнечный ветер, космическая пыль - влияют на земной климат [1]. Погода и климат весьма чувствительны к количеству солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли. Сложный рельеф территории Северного Кавказа в сочетании с географическим положением и особенностями господствующих здесь циркуляционных процессов обусловили в целом на территории достаточно высокую грозо-градовую активность [2].

Разработка вопросов реагирования тропосферных процессов на четность солнечного цикла имеет достаточно длительную историю. Имеется довольно большое количество исследований, подтверждающих наличие солнечно-земных взаимосвязей, проявляющихся в виде цикличности ряда геофизических процессов [2, 3]. В настоящее время проблема "Солнце - погода" у одних вызывает неодобрение, другие берутся за ее решение с энтузиазмом; это проблема, где наблюдения достоверны, а теория все еще неупорядочена.

Влияние погоды и ее различных проявлений в современном мире на все стороны деятельности человека настолько велико, что необходимо знать, насколько солнечная активность воздействует на изменения климата.

В связи с этим, **целью исследования** является определение степени значимости влияния одного из параметров солнечной активности – солнечного ветра - на грозо-градовую деятельность на Северном Кавказе.

Солнце является основным источником электромагнитного излучения. Дождь, град, ливень – это те природные явления, которые неразрывно связаны с действием света на Земле. Показатели, характеризующие активность Солнца: временные числа Вольфа, интенсивность радиоизлучения, солнечный ветер.

Состояние солнечной активности характеризуется несколькими наблюдательными индексами, среди которых плотность солнечного ветра [1]. Известно, что грозо-градовая активность проявляется в теплый период года (май-сентябрь), в связи с этим, за меру степени солнечной активности нами были взяты среднемесячные значения плотности солнечного ветра за май-сентябрь 2017 г. Взаимосвязь плотности солнечного ветра с конвективными грозо-градовыми явлениями исследовалась по архивным данным Высокогорного геофизического института и сайта www.spaceweather.com News and information about the Sun-Earth environment [4].

Сумма среднемесячных значений плотности солнечного ветра и количество дней с конвективными грозо-градовыми облаками за период май-сентябрь 2017 г. на Северном Кавказе приводятся в таблице 1.

Таблица 1. Расчет суммы среднемесячных значений плотности солнечного ветра и количество дней с конвективными грозо-градовыми облаками на Северном Кавказе

Месяц	Плотность солнечного ветра (W)	Числа дней с конвективными явлениями (N)
Май	7,92	3
Июнь	6,49	10
Июль	5,9	4
Август	7,56	4
Сентябрь	8,36	0

где W – сумма среднемесячных значений плотности солнечного ветра, N – количество дней с конвективными грозо-градовыми облаками.

Зависимость количества N от числа W представлена на рис. 1.

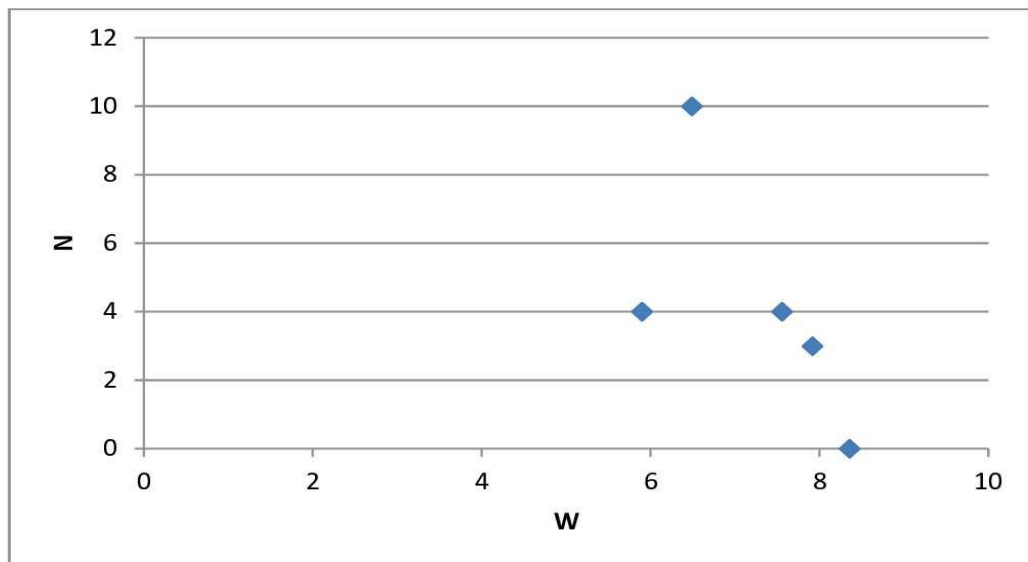


Рис. 1. Поле рассеяния точек корреляции (W, N), полученных путем исследования и обработки экспериментальных данных

На основании поля корреляции нами была выдвинута гипотеза о том, что связь между плотностью солнечного ветра и конвективными грозо-градовыми облаками носит линейный характер. На этапе спецификации была выбрана парная линейная регрессия, заданная уравнением

$$N_i = \beta W_i + \alpha, \quad (1)$$

где α, β – оценки параметров регрессионной модели, которые следует найти.

Для оценки параметров α и β был использован метод наименьших квадратов [5]

$$S = \sum (N_i - N \cdot i)^2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

В таблице 2 приведены результаты расчетов для определения параметров регрессии.

Таблица 2. Результаты расчета параметров регрессии

i	W_i	N_i	$W_i \cdot N_i$	W_i^2	N_i^2
Май	7,92	3	23,76	62,7264	9
Июнь	6,49	10	64,9	42,1201	100
Июль	5,9	4	23,6	34,8100	16
Август	7,56	4	30,24	57,1536	16
Сентябрь	8,36	0	0	69,8896	0
Σ	36,23	21	142,5	266,7	141

Из таблицы 2 система уравнений имеет вид

$$\begin{cases} 5\alpha + 36,23\beta = 21, \\ 36,23\alpha + 266,7\beta = 142,5, \end{cases} \quad (3)$$

В результате исследований и статистической обработки экспериментальных данных были получены эмпирические коэффициенты регрессии:

$$\beta = -2,314, \quad \alpha = 20,9675.$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$N = -2,314W + 20,9675, \quad (4)$$

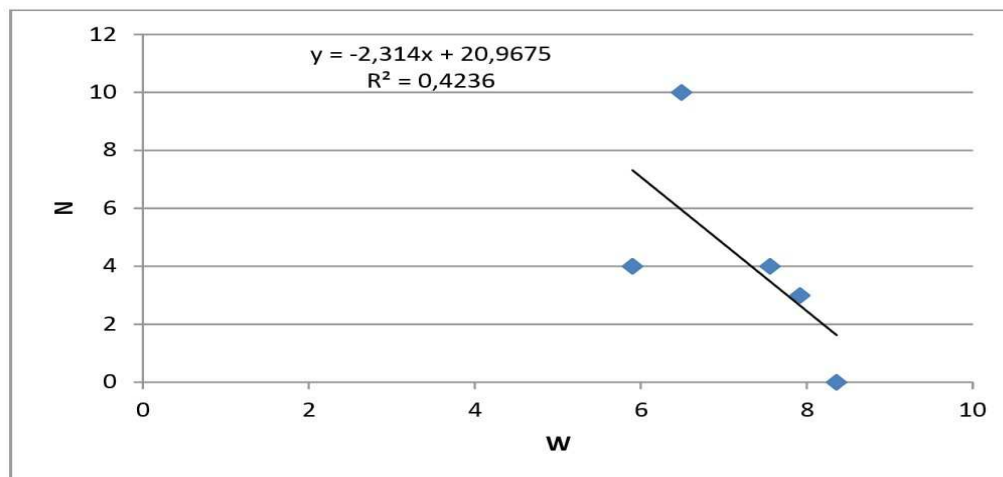


Рис. 2. Степень влияния плотности солнечного ветра на конвективные грозо-градовые облака

Выборочные средние:

$$\bar{W} = \frac{\sum W_i}{n} = \frac{36,23}{5} = 7,246, \quad (5)$$

$$\bar{N} = \frac{\sum N_i}{n} = \frac{21}{5} = 4,2, \quad (6)$$

$$\overline{WN} = \frac{\sum W_i N_i}{n} = \frac{142,5}{5} = 28,5, \quad (7)$$

где n – объем выборки, в приведенном расчете $n = 5$.

Выборочные дисперсии:

$$S^2(W) = \frac{\sum W_i^2}{n} - \bar{W}^2 = \frac{266,7}{5} - 7,246^2 = 0,84, \quad (8)$$

$$S^2(N) = \frac{\sum N_i^2}{n} - \bar{N}^2 = \frac{141}{5} - 4,2^2 = 10,56. \quad (9)$$

Среднеквадратическое отклонение:

$$S(W) = \sqrt{S^2(W)} = \sqrt{0,84} = 0,914, \quad (10)$$

$$S(N) = \sqrt{S^2(N)} = \sqrt{10,56} = 3,25. \quad (11)$$

Ковариация

$$cov(W, N) = \overline{W \cdot N} - \bar{W} \cdot \bar{N} = 28,5 - 7,246 \cdot 4,2 = -1,93. \quad (12)$$

Рассчитан показатель тесноты связи. Таким показателем является выборочный линейный коэффициент корреляции. Вычислим коэффициенты линейной парной корреляции r_{WN} и детерминации R^2

$$r_{WN} = \frac{\overline{W \cdot N} - \bar{W} \cdot \bar{N}}{S(W) \cdot S(N)} = -0,651. \quad (13)$$

Следовательно,

$$R^2 = r_{WN}^2 = -0,651^2 = 0,4236$$

- коэффициент детерминации, описывающий долю дисперсии.

Показателям тесноты связи можно дать качественную оценку (шкала Чеддока) [6], которая приводится в таблице 3:

Таблица 3. Шкала Чеддока

Количественная мератесноты связи	Качественная характеристикасилы связи
0,1–0,3	Слабая
0,3–0,5	Умеренная
0,5–0,7	Заметная
0,7–0,9	Высокая
0,9–0,99	Весьма высокая

По шкале Чеддока, связь между плотностью солнечного ветра и конвективными грозо-градовыми явлениями заметна и обратная. В 42,36 % случаев изменение плотности солнечного ветра влияет на конвективные грозо-градовые облака на Северном Кавказе. Точность подбора уравнения регрессии – средняя. Остальные 57,64 % возникновения конвективных грозо-градовых облаков в нашем примере объясняются факторами, не учтенными в модели, а также ошибками спецификации.

Заключение

На этапе спецификации была выбрана парная линейная регрессия и оценены её параметры методом наименьших квадратов. Статистическая значимость уравнения проверена с помощью коэффициента детерминации, в связи с чем, установлено, что в исследуемой ситуации 42,36% общей вариабельности конвективных грозо-градовых облаков на Северном Кавказе объясняется изменением плотности солнечного ветра. Корреляционный анализ данных показывает, что между грозо-градовыми облаками и плотностью солнечного ветра существует тесная взаимосвязь. Несомненно, негативному отношению к обсуждаемой проблеме в первую очередь способствовало отсутствие приемлемых физических механизмов. И хотя некоторые из новых данных статистически вполне убедительны, механизмы остаются не вполне ясными. Тем не менее, факты, подтверждающие наличие солнечно-погодных связей убедительны, что их нельзя игнорировать. И основная задача будущих исследований – найти им адекватное объяснение [7]. Нами были сделаны попытки выявления влияния одного из важнейших природных факторов (солнечная активность) на возникновение грозо-градовых явлений на Северном Кавказе за май-сентябрь 2017г. В дальнейшем планируется увеличить объем данных по исследованию солнечно-земной связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирошниченко Л.И.* Физика Солнца и солнечно-земных связей. М.: Университетская книга, 2011. 174 с.
2. *Аджиева А.А., Кунаева Ф.А.* Корреляционный анализ солнечной активности и грозоразрядных процессов на Северном Кавказе // Известия ДГПУ. 2010. № 2. С. 6–11.
3. *Харгривс Дж.К.* Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 351 с.
4. *News and information about the Sun-Earth environment [Электронный ресурс]. –Режим доступа: www.spaceweather.com*
5. *Линник Ю.В.* Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. 349 с.
6. *Ишханян М.В., Карпенко Н.В.* Эконометрика. Ч. 1. Парная регрессия: учебное пособие. М.: МГУПС (МИИД), 2016. 117 с.
7. *Этезова М.Б., Балкарова С.В., Жолаева Ф.Б.* Влияние солнечной активности на конвективные грозо-градовые явления. Том 4. Перспектива. 2018. – Нальчик, 2018. 357 с.

ABSTRACT

The work is devoted to the study of the influence of the density of the solar wind on the convective storm-hail clouds; according to the research results, a regression equation was obtained; plotted a regression line; determined the degree of significance of the density of the solar wind on convective phenomena.

Keywords: density, solar wind, thunder-hail clouds, convective phenomena, electromagnetic radiation.

¹*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov”, Nalchik; balkarova-07@mail.ru;*

²*Abkhazian State University, Sukhumi*

© S.B. Balkarova¹,
M.B. Etezova¹,
F.B. Zholayeva¹,
A.K. Akhsalba², 2019

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена исследованию влияния плотности солнечного ветра на конвективные грозо-градовые облака; по результатам исследований получено уравнение регрессии; построен график линии регрессии; определена степень значимости плотности солнечного ветра на конвективные явления.

Ключевые слова: плотность, солнечный ветер, грозо-градовые облака, конвективные явления, электромагнитное излучение.

¹ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик; *balkarova-07@mail.ru*;

²Абхазский государственный университет, Сухум

© С.Б. Балкарова¹,
М.Б. Этезова¹,
Ф.Б. Жолаева¹,
А.К. Ахсалба², 2019