

04;12

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ СВОЙСТВАМИ ШАРОВОЙ МОЛНИИ

*А. И. Григорьев, И. Д. Григорьева*

По результатам статистической обработки на ЭВМ-2082 описаний шаровых молний исследована связь частоты их наблюдения с интенсивностью грозовой деятельности, которая оказалась весьма жесткой, что позволяет сделать важные выводы об условиях возникновения шаровых молний. Установлены попарные корреляционные зависимости между временем жизни и характерным линейным размером шаровой молнии, с одной стороны, и ее яркостью и цветом, с другой. Отличительной особенностью зависимостей длительности существования шаровой молнии от яркости и цвета является немонотонность, что представляется нетривиальным. Если полученные данные подтвердятся при дальнейшем исследовании на более обширном материале, то это может свидетельствовать о существовании двух видов шаровых молний.

Неослабевающий интерес к проблеме шаровой молнии (ШМ) [1-4] и отсутствие на настоящий момент времени возможности надежного ее лабораторного воспроизведения делают актуальной задачу изучения ШМ на основе анализа имеющихся наблюдений существования ШМ в природных условиях. К настоящему времени собрана достаточно полная информация о свойствах среднестатистической ШМ [1-6], а также предприняты первые попытки исследования связи частоты наблюдений ШМ с грозовыми условиями и отыскания корреляционных связей между отдельными свойствами ШМ [7-10]. Последнему вопросу посвящена и настоящая работа. Ниже приведенный анализ корреляционных зависимостей основан на статистической обработке на ЭВМ-2082 описаний ШМ, собранных авторами при опросе очевидцев ШМ в естественных условиях.

### 1. Корреляционные зависимости между характерным линейным размером, временем существования, яркостью и цветом ШМ

1. При поиске корреляции между отдельными свойствами ШМ прежде всего приходится сталкиваться с невысокой степенью надежности данных о наблюдаемых свойствах ШМ, получаемых от очевидцев. Это связано как с индивидуальными способностями наблюдателей в оценке пространственно-временных интервалов, цветов и яркостей объектов, так и с тем, что производить такие оценки они вынуждены по прошествии длительного времени. Эти и другие источники ошибок в получаемых данных проанализированы в Приложении, где приведены таблицы найденных путем статистической обработки величин относительных ошибок для различных значений характеристик ШМ, используемых в настоящем рассмотрении. Но ввиду малой представительности использованного статистического материала представляется целесообразным использовать средние по всем возможным диапазонам характеристик ШМ значения относительных ошибок. В этом случае среднее значение относительной ошибки в сообщаемых данных о размере ШМ будет  $\epsilon_r = 0.14$ , для времени наблюдения  $\epsilon_t = 0.57$ , для цвета  $\epsilon_c = 0.025$ , для яркости  $\epsilon_b = 0.3$ , если яркость ШМ мерять сравнением с эквивалентной яркостью электролампочек заданной

мощности, как предложено Стахановым [4], а цвет — длиной характерной электромагнитной волны.

Методика поиска коррелированных свойств  $X$  и  $Y$  из  $i$ -го и  $j$ -го диапазонов соответственно ранее описана в [7] и сводится к следующему. Для свойств  $X_i$  и  $Y_j$  подсчитываются вероятности  $P_i$  и  $P_j$ , с которыми они встречаются во всем массиве описаний ШМ. Затем по всему массиву описаний ищется вероятность  $P_{ij}$  — того, что ШМ обладает свойствами  $X_i$  и  $Y_j$  одновременно. При выполнении условия  $P_{ij} > P_i P_j$  принимается, что эта комбинация свойств не случайна и между  $X_i$  и  $Y_j$  существует корреляция.

Конкретно, при установлении вышеуказанных зависимостей для каждой характеристики яркости и цвета отбирались коррелированные с этими свойствами характерные линейные размеры и времена жизни ШМ и вычислялись их средние значения. Результаты расчетов представлены на рис. 1—4 (под каждой точкой на графиках, в скобках, указано количество коррелированных событий, соответствующих данной точке).

2. Корреляционные зависимости между яркостью, характерным линейным размером и временем существования ШМ. При анализе корреляций все описания ШМ были разбиты (см. Приложение) по степени возрастания яркости на основе сравнения с эквивалентной яркостью электролампочек разной мощности [4] на шесть групп: 1) слабее лампочки 10 Вт, 2) 10—20, 3) 20—50, 4) 50—100, 5) 100—200 Вт (как лампочки), 6) ярче лампочки 200 Вт. Для каждой группы в соответствии с вышесказанным находились средние значения характерного линейного размера и длительности существования ШМ. Полученные таким образом точки приведены на рис. 1 (корреляционная взаимозависимость характерного линейного размера и яркости ШМ) и рис. 2 (корреляционная взаимозависимость длительности существования и яркости), где по оси абсцисс отложены значения яркости в эквивалентной яркости электролампочек вышеуказанных групп. Под каждым делением на оси абсцисс в круглых скобках приведены вероятности, с которыми яркость из данной группы встречается во всем массиве описаний ШМ: по данным авторов — верхняя цифра, по данным [4] — нижняя. При каждой точке на графиках в скобках указано количество коррелированных событий, соответствующих данной точке.

Приведенные на рис. 1—2 данные о корреляции размера и времени жизни ШМ с ее яркостью найдены по описаниям, в которых ШМ видели с расстояния, не превышающего 20 метров. Сообщения очевидцев, находившихся на больших расстояниях от ШМ, отброшены из тех соображений, что оценить яркость удаленных объектов весьма трудно, и показания наблюдателей мало достоверны.

3. Корреляционные зависимости между цветом, характерным линейным размером и длительностью существования ШМ. Возможные характеристики цвета ШМ принимались следующими: фиолетовый, синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый, красный, белый. Для часто встречающихся в описаниях ШМ таких характеристик цвета, как красно-оранжевый, желто-оранжевый, при обработке данных выбирался цвет, соответствующий длинноволновой части спектра. На рис. 3—4 приведены корреляционные зависимости характерного линейного размера и времени существования ШМ от цвета. Характеристики цвета отложены по оси абсцисс в порядке увеличения длины волны. Под каждой характеристикой цвета в скобках указаны вероятности, с которыми ШМ этого цвета встречаются во всем массиве описаний: по данным авторов — верхняя цифра, по данным [4] — нижняя.

Белый цвет не представлен на графиках, так как не ясно, в каком месте указанной последовательности цветов следует его поместить; не ясно, что наблюдатели называют «белым» цветом. Возможны два очевидных варианта: бело-голубой и желто-белый, но разумных оснований для выбора одного из них нет. Для зависимости между характерным линейным размером и цветом для «белого» цвета по 13 коррелированным событиям найден средний размер — 26.7 см. Для зависимости между временем жизни ШМ и цветом для «белого» цвета по 26 коррелированным событиям найдено среднее время жизни — 12.3 с.

Рис. 1. Корреляционная взаимозависимость размера и яркости.

Обработка приведенных точек методом наименьших квадратов показывает, что интенсивность излучения ШМ пропорциональна  $d^{2.4}$ .

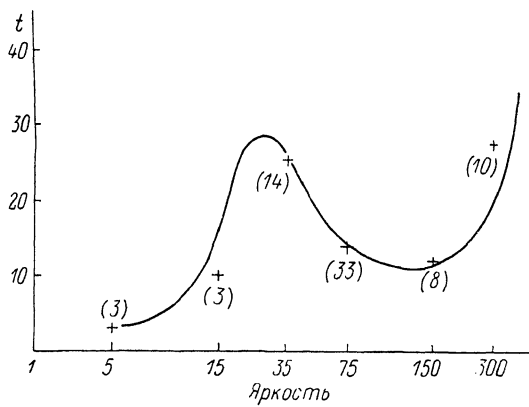
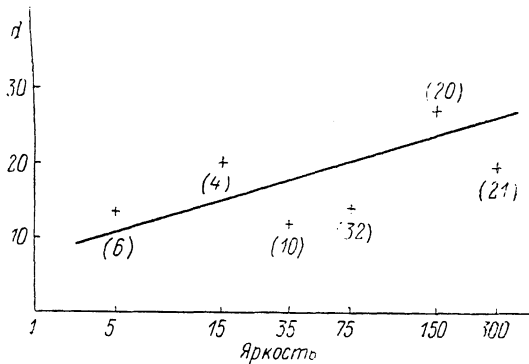


Рис. 2. Корреляционная взаимозависимость времени жизни и яркости.

Рис. 3. Корреляционная взаимозависимость размера и цвета.

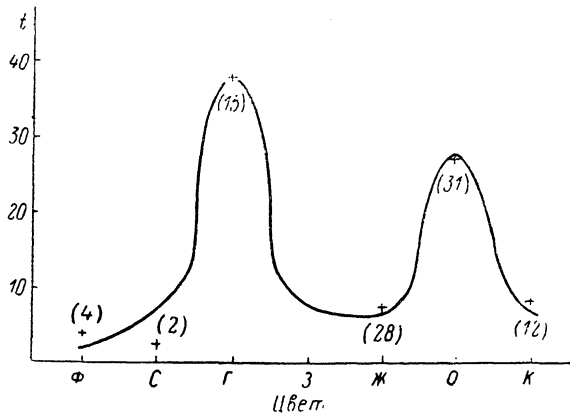
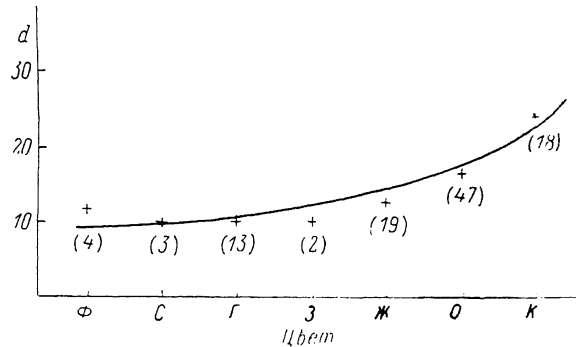


Рис. 4. Корреляционная взаимозависимость времени жизни и цвета. По оси абсцисс отложены характеристики цвета в порядке увеличения длины волны.

Данные на рис. 3—4 относятся к ШМ, наблюдавшимся с любых расстояний. Если ввести то же ограничение, что и при оценке яркости, т. е. отбросить случаи наблюдения с расстояний, больших 20 м, то расположение точек качественно не изменится, но общее количество описаний, для которых найдены искомые корреляции, уменьшится примерно на треть.

4. Корреляционная зависимость между длительностью существования и характерным линейным размером ШМ была исследована в [7], где показано, что найденные по вышеописанной методике точки зависимости  $t=t(d)$  хорошо аппроксимируются выражением вида

$$t = 75 \exp(-7 \text{ см}/d) \text{ с.} \quad (1)$$

Следует, однако, отметить, что зависимость (1), так же как и сплошные кривые, соединяющие нанесенные на рис. 1—4 точки, носят чисто иллюстративный характер, отражая ту закономерность изменения коррелированных свойств, которая авторам представляется наиболее естественной при заданном расположении «экспериментальных» точек.

5. Поиск корреляционной зависимости между яркостью и цветом ШМ показал, по предварительным данным, что при общем числе коррелированных событий 399 взаимозависимость этих характеристик ШМ имеет немонотонный характер.

6. Из установленных корреляционных закономерностей зависимости характерного линейного размера ШМ от яркости и цвета представляются достаточно очевидными и в особых комментариях не нуждаются, тогда как зависимости длительности существования ШМ от яркости и цвета обращают на себя внимание немонотонным видом, исходя из которого с учетом данных [7] (зависимости (1)) можно было бы поставить вопрос о существовании ШМ разных типов. К сожалению, такой вывод был бы слишком поспешным, так как надежность представленных корреляционных зависимостей невысока, что связано с малым количеством описаний, на основе которых эти зависимости были получены. Для проверки приведенных результатов представляется целесообразным провести аналогичный анализ на базе существенно большего массива исходных описаний ШМ.

Укажем также, что при поиске корреляционных зависимостей между длительностью существования, характерным линейным размером, яркостью и цветом ШМ отбирались только те факты, когда ШМ наблюдались от момента возникновения до конца существования.

Представляется полезным отметить, что такие характеристики, как размер, яркость и цвет, не остаются постоянными в течение жизни ШМ. По нашим данным, изменение яркости ШМ в процессе существования отмечалось в 2.5 % случаев, изменение цвета — в 1.5 % наблюдений и изменение размеров — в 4.1 %.

## II. Корреляция между интенсивностью грозовой деятельности и частотой наблюдения ШМ

Вопрос о метеоусловиях появления ШМ представляет интерес в связи с выяснением механизма образования и изучением строения ШМ. Установление жесткой привязанности ШМ к грозовым условиям позволило бы существенно сузить круг возможных моделей ее строения, общее количество которых уже превышает две сотни [3, 4]. Указанная задача тем более важна, что отмечаются случаи наблюдения ШМ в ясную погоду: по нашим данным,  $\approx 9.77\%$ , по данным [4], 13 % от 1006 описаний. И вопрос об интерпретации этих фактов остается открытым: они могут свидетельствовать как о возможности негрозового происхождения ШМ, так и о малой достоверности получаемых от очевидцев сведений о метеобстановке в момент наблюдения ШМ. Но обратимся к данным статистического анализа.

1. На основе стандартного линейного корреляционного анализа наших данных о распределении по месяцам частоты наблюдения ШМ (всего 1713 описаний) (табл. 1) и данных о повторяемости числа гроз, приведенных в [11], найдено значение коэффициента корреляции между этими событиями, равное

$\approx 0.79$ , справедливое с доверительной вероятностью 0.98. Прямая регрессии  $x_1$  — частоты наблюдения ШМ (в процентах от общего числа) на  $y_1$  — повторяемость числа гроз (также в процентах от среднегодового числа) имеет вид

$$x_1 = 8.3 + 0.2(y_1 - 8.3). \quad (2)$$

Коэффициент той же корреляции, рассчитанный по данным [4], равен  $\approx 0.83$ . А соответствующая регрессионная прямая имеет вид

$$x_1 = 8.4 + 0.19(y_1 - 8.3). \quad (3)$$

Как видно, согласие результатов расчета, по нашим данным и данным [4], весьма хорошее. В выражениях (2), (3) обращает на себя внимание факт пол-

Т а б л и ц а 1

Месяц	Количество ШМ		Месяц	Количество ШМ	
	шт.	%		шт.	%
1	20	1.2	7	823	48
2	9	0.5	8	296	17.3
3	14	0.8	9	69	4
4	21	1.2	10	31	1.9
5	117	6.8	11	6	0.4
6	296	17.3	12	11	0.6

ного совпадения среднегодового числа гроз, приходящихся на один месяц — 8.3 % (от общего числа), со среднегодовым числом наблюдений ШМ, приходящихся на один месяц: у нас — 8.3 %, в [4] — 8.4 % (от общего числа).

Т а б л и ц а 2

Интервал времени, ч	Количество ШМ		Интервал времени, ч	Количество ШМ	
	шт.	%		шт.	%
0—3	48	3.3	12—15	392	27.3
3—6	10	0.7	15—18	229	16
6—9	129	9	18—21	140	9.7
9—12	449	31.3	21—24	3.9	2.7

2. На основе полученных нами сведений о распределении числа наблюдений ШМ по времени суток (табл. 2) и данных [11] о повторяемости числа гроз в различное время суток найдена корреляционная зависимость между этими событиями со значением коэффициента корреляции, равным  $\approx 0.88$ , справедливым с доверительной вероятностью 0.95. Прямая регрессии  $x_2$  — числа наблюдений ШМ на  $y_2$  — повторяемость количества гроз в различные временные интервалы в течение суток (в процентах от общего числа) имеет вид

$$x_2 = 12.5 + 2.2(y_2 - 12.5).$$

И здесь видно совпадение среднего для всех временных интервалов количества наблюдений ШМ — 12.5 % со средним количеством гроз — также 12.5 %.

3. По данным [11] о продолжительности гроз (в часах) по различным широтно-долготным диапазонам территории СССР и нашим данным о количестве ШМ, появившихся в тех же широтно-долготных интервалах (табл. 3), найдено значение коэффициента корреляции между этими событиями, равное  $\approx 0.65$ , справедливое с доверительной вероятностью 0.99. Прямая регрессии

количества ШМ  $x_3$  на среднюю продолжительность гроз в различных широтно-долготных интервалах имеет вид

$$x_3 = 96 + [4.2(y_3 - 25)],$$

где квадратные скобки означают взятие целой части числа, в них заключенного.

Полученный коэффициент корреляции представляется удивительно большим, если учесть сильное возмущающее влияние неравномерного распределения очевидцев по территории СССР, связанное с неравномерностью распределения населения (согласно статистическим данным, около трех четвертей всех наблюдений ШМ сделано в населенных пунктах: 50.15 % — в помещениях, 24.50 % — на улицах).

Т а б л и ц а 3

$\varphi$	$\theta$						
	35—40	40—45	45—50	50—55	55—60	60—65	65—70
20—50	0	127	301	391	441	16	5
50—90	6	44	114	200	118	29	0
90—150	0	26	47	56	49	44	0

П р и м е ч а н и е.  $\theta$  — широта местности,  $\varphi$  — долгота.

4. На основании 1212 фактов появления ШМ на территории СССР в период с 1920 по 1965 г. найдено значение коэффициента корреляции между количеством ШМ, наблюдавшихся за год, и солнечной активностью, характеризуемой среднегодовым значением Вольфа, равное 0.56, справедливое с доверительной вероятностью 0.99. Эта задача была поставлена в [12] и решена в [10]. Полученный результат естественно интерпретировать как опосредованное через интенсивность грозовой деятельности влияние солнечной активности на частоту появления ШМ.

5. Приведенные выше данные, по мнению авторов, убедительно подтверждают жесткую привязанность наблюдения ШМ к грозовым условиям. Утверждения же некоторых очевидцев о появлении ШМ в ясную погоду скорее всего не соответствуют действительности. Не предполагая со стороны корреспондентов попытки ввести нас в заблуждение, возникающее недоразумение можно объяснить тем, что: 1) под ясной погодой наблюдатели могут понимать ясную, при которой светит солнце; 2) влияние грозы может сказаться на расстоянии ~10 км от места, где она происходит, хотя бы из-за возможности распространения волн перенапряжения по линиям электропередач (здесь уместно отметить, что в 286 случаях образования ШМ на глазах очевидцев 68.53 % ШМ возникло на проводнике, что согласуется с данными И. М. Имянитова [1] и И. П. Стаханова [4]); 3) как правило, информация от наблюдателей приходит с задержкой в несколько лет, и метеоусловия не всегда восстанавливаются достаточно точно.

## П Р И Л О Ж Е Н И Е

1. Вопрос о достоверности сообщаемых очевидцами данных о характеристиках ШМ представляется достаточно важным в связи с тем, что до настоящего времени только по ним формируются представления об этом природном явлении. При статистическом анализе свойств ШМ, проведенном в данном рассмотрении, а также в более ранних работах [1, 2, 4, 6], приходится иметь дело с описаниями ШМ, сделанными по свежим впечатлениям и по наблюдениям многолетней давности людьми обоих полов самых различных профессий и возрастов, естественно, различающимися как по уровню образования, так и по способностям к оценке пространственно-временных интервалов и таких эмоционально-пластичных характеристик, как яркость и цвет. Поэтому для получения сколь-нибудь значимой численной характеристики погрешностей, допускаемых при анализе сообщенной очевидцами информации о свойствах ШМ, пришлось учитывать как способности людей к оценке пространственно-временных

интервалов, так и устойчививость во времени данных, сообщаемых при опросах. Этому и посвящены нижеследующие разделы.

2. В связи с часто встречающимися в описаниях сравнениями ШМ по размерам с различными предметами, использующимися в быту, нескольким группам студентов предлагалось оценить в сантиметрах на глаз диаметры разных мячей, апельсинов и т. д. Оказалось, что представления опрошенных о размерах предложенных им предметов изменялись в весьма широком диапазоне с максимальными отклонениями до 72 %. Расчет статистическими методами относительной ошибки в сообщаемых численных данных дал среднее по всем диапазонам размеров значение  $\varepsilon \approx 0.034$ , верное с доверительной вероятностью  $P=0.7$ :

Таблица 4

Диапазон величин $d$ , см; $t$ , с	$\varepsilon_d(N)$	$\varepsilon_t(N)$	Диапазон величин $d$ , см; $t$ , с	$\varepsilon_d(N)$	$\varepsilon_t(N)$
0—1	0(3)	0.7(72)	35—40	0.07(18)	1.5(5)
1—3	0(19)	0.1(58)	40—45	0.29(3)	0(0)
3—5	0.1(36)	0.18(33)	45—50	0.14(27)	0.26(2)
5—10	0(136)	1.2(35)	50—55	0.17(4)	0.07(2)
10—15	0.08(100)	0.87(16)	55—60	0.18(10)	0.25(17)
15—20	0.15(80)	1.05(14)	60—70	0.36(3)	1.43(3)
20—25	0.12(69)	0.32(7)	7—80	0.19(4)	0(2)
25—30	0.03(81)	0.73(15)	80—100	0.13(14)	0.99(2)
30—35	0.11(9)	0(0)	> 100	0.13(12)	0.1(28)

Примерно такое же положение и с оценкой временных интервалов. Испытуемым показывали картинку или описывали некое происшествие, а затем просили оценить время, которое эта процедура заняла (заранее не предупреждая о сути предстоящего текста). Во всех случаях брались интервалы времени от 5 до 25 с. Среднестатистические значения называемых временных интервалов, как и следовало ожидать, оказывались достаточно близкими к реальным, во всяком случае внутри доверительного интервала истинное значение попадало, но сама величина доверительного интервала составляла  $\approx 18$  % от среднестатистического значения ( $P=0.7$ ), а индивидуальные отличия от истинных в два—три раза были обычными.

3. Для оценки устойчивости во времени сообщаемых данных о свойствах ШМ наблюдателям по прошествии 0.5—1 года после получения от них первичного описания ШМ посылалась анкета с просьбой заполнить ее, дабы облегчить подготовку описания к обработке на ЭВМ. И затем проводилось сравнение данных, приведенных в анкете, с данными из первоначального сообщения. Из полученных таким образом результатов выяснилось, что наблюдатели сами не всегда уверены в сообщаемых фактических данных о характеристиках ШМ. Количественно величина этой неуверенности может быть охарактеризована величиной расхождения между первоначальным и анкетным сообщениями.

Принимая для определенности первоначальное сообщение за истинные, а анкетные — за ошибочные, для каждого диапазона значений диаметра и длительности наблюдения несложно найти среднеквадратичные по всему массиву отклонения и относительные ошибки. Результаты такого расчета приведены в табл. 4, где относительные ошибки  $\varepsilon_d$  и  $\varepsilon_t$  рассчитаны с доверительной вероятностью  $P=0.7$ . В скобках рядом с каждым значением ошибки приведены количества описаний, на основе которых были получены данные  $\varepsilon_d$  и  $\varepsilon_t$ . Из табл. 4 легко видеть, что величина относительной ошибки меняется в широких пределах при переходе от одного диапазона к другому. Но так как использованная статистика не представляется достаточно представительной (в проведенный анализ погрешностей попали 628 описаний по размеру и 310 по длительности наблюдения), то следует ввести для всех характеристик среднюю по всем диапазонам относительную ошибку. Величина такой средней ошибки по характерному линейному размеру и времени наблюдения с учетом данных раздела II предлагается:  $\varepsilon_d=0.14$ ,  $\varepsilon_t=0.57$ .

Таблица 5

Цвет	Вероятность, с которой встречаются ШМ данного цвета	$\epsilon_c$	Цвет	Вероятность, с которой встречаются ШМ данного цвета	$\epsilon_c$
Красный	0.136	0.011	Голубой	0.081	0.016
	0.192	(58)		0.088	(52)
Розовый	0.288	0.033	Синий	0.023	0.063
	—	(14)		0.016	(18)
Оранжевый	0.351	0.005	Фиолетовый	0.023	0.065
	0.121	(170)		0.014	(17)
Желтый	0.171	0.008	Неспектральные цвета	0.164	—
	0.263	(80)		0.293	(106)
Зеленый	0.012	0			
	0.013	(0)			

Примечание. Во 2-й графе верхняя цифра соответствует данным авторов, нижняя — данным [1]. В 3-й графе, в скобках, под значением относительной ошибки указано количество описаний, на основе которых получена данная цифра.

Результаты подобных же расчетов для цвета ШМ, если каждой спектральной компоненте сопоставить характерную длину электромагнитной волны, приведены в табл. 5. Среднее по всем цветам значение относительной ошибки предлагается равным  $\epsilon_c = 0.025$  ( $P = 0.7$ ). Расчеты проведены на основе 504 описаний.

4. Отдельного рассмотрения заслуживает наименее строго оцениваемая характеристика ШМ — яркость.

В сообщениях о яркости свечения ШМ наблюдатели обычно сравнивали ее с лампочками разной мощности, со свечой, керосиновой лампой, полной лу-

Таблица 6

Эталон яркости, использованный авторами	Эталон яркости по [1]	$\epsilon_b$
«Свеча», «керосиновая лампа» (0.067)	< 10 Вт (0.092)	7.2 (14)
«Тусклая», «прозрачная», «полупрозрачная», < 20 Вт (0.078)	10—20 Вт (0.139)	0.6 (31)
«Неяркая», 20—50 Вт (0.158)	20—50 Вт (0.183)	0.6 (27)
«Луна», 50—100 Вт (0.238)	50—100 Вт (0.255)	0.15 (68)
«Яркая», 100—200 Вт (0.285)	100—200 Вт (0.251)	0.08 (62)
«Очень яркая», > 200 Вт (0.174)	> 200 Вт (0.1)	0.07 (56)

Примечание. В 1-й и 2-й графах, в скобках, приведены значения вероятностей, с которыми встречаются ШМ данной яркости. В 3-й графе, в скобках, под значением относительной ошибки приведено количество описаний, на основе которых получена данная цифра.

ной или просто указывали: «тусклая», «неяркая», «яркая», «прозрачная», «полупрозрачная», «ослепительно яркая». Такие характеристики яркости, конечно, весьма неопределенны. Но добиваться от очевидцев сравнения ШМ по яркости только с электролампочками разной мощности (от единиц Ватт до 500 Вт), как это делалось в анкетном опросе [4], нам представляется не совсем правильным. В самом деле, как выше отмечалось, наблюдатели ШМ и так не очень уверены в сообщаемых сведениях, а будучи поставлены в условия необходимости выбора из ограниченного набора вариантов (включающего и такие экзотические эталоны свечения, как лампочки < 10 Вт и > 150 Вт) могут давать показания, весьма далекие от реальности. Но тем не менее сравнение ШМ по яркости с электролампочками разной мощности представляется более удобным, поскольку представляет возможности для введения численных характе-



ристик яркости. В этой связи все описания ШМ из нашего набора данных были разбиты по яркости на шесть групп в соответствии с диапазонами мощностей эталонных лампочек, использованных в [4] (два крайних экзотических диапазона из [4] 200—500 и  $>500$  Вт объединены нами в один —  $>200$  Вт). Результаты расчетов относительной погрешности в сообщаемых сведениях о яркости, проведенных по вышеописанной методике, приведены в табл. 6, где отмечено также соответствие между эталонами яркости [4] и в нашем наборе данных, и в скобках указаны значения вероятностей, с которыми ШМ попадает в ту либо иную группу: по используемому массиву описаний — верхняя цифра, по данным [4] — нижняя. Среднее по всем группам, за исключением первой, значение относительной ошибки будет равно  $\epsilon_r=0.3$ .

### Литература

- [1] *Имянитов И. М., Тихий Д. Я.* За гранью законов науки. Л.: Гидрометеопздат. 1980. 190 с.
- [2] *Smirnov B. M.* // Phys. Reports, 1987. Vol. 152. N 4. P. 177—226.
- [3] *Барри Дж.* Шаровая молния и четочная молния. М.: Мир, 1983. 286 с.
- [4] *Стажанов И. П.* О физической природе шаровой молнии. М.: Энергоатомиздат, 1985. 209 с.
- [5] *Григорьев А. И.* // Шаровая молния. Человек и стихия. Л.: Гидрометеопздат, 1987. С. 47—49.
- [6] *McNally J. R.* // The 2<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Division of Plasma Physics of the American Physical Society. Gatlinburg, 1960. N 2—5. Paper J-15. P. 1—25.
- [7] *Григорьев А. И.* // Метеорология и гидрология. 1986. № 6. С. 103—104.
- [8] *Григорьев А. И., Григорьева И. Д.* // Тез. III Всес. симп. по атмосферному электричеству. Тарту, 1986. С. 228.
- [9] *Григорьев А. И., Григорьева И. Д.* // Тез. III Всесоюзн. симпоз. по атмосферному электричеству. Тарту, 1986. С. 229.
- [10] *Григорьев А. И., Григорьева И. Д., Огнев А. М.* // Солнечные данные, 1985. № 5. С. 91—93.
- [11] *Матвеев Л. Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеопздат, 1984. 751 с.
- [12] *Arabadji W. I.* // J. Geophys. Res. 1976. Vol. 81. N 36. P. 6455—6456.

Ярославский государственный  
университет

Поступило в Редакцию  
28 апреля 1987 г.

В окончательной редакции  
22 декабря 1987 г.