

Олег Фейгин

ПРОСТО

Электричество



Просто... (Страта)

Олег Фейгин

# **Просто электричество**

«Страта»

2017

УДК 537  
ББК 22.33

**Фейгин О. О.**

Просто электричество / О. О. Фейгин — «Страта»,  
2017 — (Просто... (Страта))

ISBN 978-5-9500888-0-3

Чем отличается призрачное свечение молниеносных эльфов от молний-тигров? Как решить загадку шаровой молнии? Что такое ионосферная суббурия? Можно ли «стрелами Перуна» сварить «пластмассовую сталь»? Где живут сверхпроводящие существа? Эти и многие другие удивительные вопросы, связанные с таинственными электрическими явлениями в природе, науке и технике, до сих пор преподносящими сюрпризы ученым, рассматриваются в предлагаемой книге. Автор популярно рассказывает о современных тайнах электрофизики, истории удивительных научных достижений и их авторах. Книга рассчитана на самый широкий круг вдумчивых читателей, желающих проникнуть в суть проблем современной науки и техники.

УДК 537  
ББК 22.33

ISBN 978-5-9500888-0-3

© Фейгин О. О., 2017  
© Страта, 2017

# Содержание

Предисловие	6
Глава 1. Стрелы небесных громовержцев	7
Глава 2. Молниевый шторм в Кататумбо	14
Глава 3. Молниеносные призраки	17
Глава 4. Круглое электричество	22
Конец ознакомительного фрагмента.	25

**Олег Фейгин**  
**Просто электричество**

© Фейгин О. О., 2017, текст

© ООО «Страта», 2017

\* \* \*

## Предисловие

*Пожалуй, разгадка тайн электромагнетизма дала нам столько, сколько мы не получали от покорения всего, что было накоплено людьми за всю их историю. Подумайте: миллионы лет и век – каких-то сто лет, в течение которых выросла и окрепла вся электротехническая промышленность Земли! Время, в течение которого люди создали себе «электрический мир». Невозможно думать об этом без восхищения. И вместе с тем еще далеко не всё мы в этой отрасли знаем...*

**А. Томилин. Заклятие Фавна**

Человек за многие тысячелетия своей истории проделал гигантский путь познания природы, и не последнее место в окружающих его чудесах играла «янтарная субстанция» – электричество, названное так в честь янтаря – электрона по-древнегречески. Эта окаменевшая смола, привозимая из Прибалтики по Янтарному пути, по Днепру и Бугу, поражала эллинов своей способностью притягивать мелкие частички, будучи потерта тканью или шерстью. Но должны были пройти тысячелетия, прежде чем выяснилось, что мельчайшие, еле заметные искорки от натертого янтаря ничем не отличаются по своей природе от колоссальных молниевых разрядов.

Сегодня даже малообразованного суеверного человека не пугают грозовые явления – электризация воздуха, молнии, раскаты грома, – ведь ему хотя бы понаслышке известна их природная причина. Однако и сейчас в природе электрических явлений встречаются загадочные, досконально не изученные процессы, такие как шаровая молния, молния красный призрак, молния голубая струя, призрачные спрайты, суть которых мы еще не знаем и для которых только строятся полные научные модели.

Удивительна история использования солнечного вещества на Земле, а именно так можно понимать электрическую сварку и разрезание дугой из высокотемпературной плазмы электрического разряда, открытой еще в XVIII веке русским академиком Петровым. Поражает воображение спектр применения электросварочных технологий, их влияние на развитие современной науки и техники – здесь и открытие академика Корнеева, и космические технологии, и строительство подводных городов.

Столетие назад было открыто явление сверхпроводимости, указывающее прямой путь избегания потерь при передаче электроэнергии. Путь этот непрост, ведь чтобы проводник полностью потерял свое электрическое сопротивление, его необходимо охладить до очень низких температур, а это само по себе является серьезной технической задачей. Тем не менее уже десятки лет сверхпроводники удачно используют в научных приборах и медицине.

До недавнего времени высокая стоимость сверхпроводящих материалов и необходимость сверхглубокого охлаждения сильно препятствовали их массовому применению. Ситуация существенно изменилась после открытия в 1986 году высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Это позволило приступить к созданию сверхпроводящих линий электропередач на основе сверхпроводников, погруженных в сравнительно дешевый жидкий азот. Уже созданы многокилометровые опытные линии, а через десятилетие прогнозируется широкое промышленное применение ВТСП-кабелей на тысячи километров линий электропередачи и сотни гигаватт передаваемой мощности.

*Автор выражает глубокую признательность своим учителям и коллегам – Льву Самойловичу Палатнику, Игорю Ивановичу Фалько и Дмитрию Ивановичу Корнееву*

## Глава 1. Стрелы небесных громовержцев

*Атмосферное электричество – грозы и земной магнетизм – едва ли не первые неразрешимые загадки природы, о которые споткнулся разум. Они долго не поддавались разгадке. Каждое время, каждая эпоха толковали наблюдаемые феномены в соответствии с накопленными знаниями. Сначала на уровне мифов, пока знаний было совсем мало. Позже, когда фактов накопилось побольше, самовластие богов перестало удовлетворять мыслителей. Они стали пытаться объяснить природу исходя из нее самой, без помощи сверхъестественных сил. Возникли первые натурфилософские догадки. Сначала наивные, чисто спекулятивного характера. Но уже и они высоко поднимали разум человека, ставили его обладателя на одну ступень с богом.*

*А. Томили. Заклятие Фавна*

Наводнения, землетрясения, извержения вулканов, пожары – эти стихийные бедствия сравнительно редки по сравнению с постоянными грозами. Именно поэтому с грозами связано больше всего мифов, легенд и поверий. В самом начале изустной истории человечества гроза воспринималась как ярость некоего фантастического существа, например, гигантской птицы, хлопающей громом крыльев и сверкающей молниями глаз. Затем пришла пора человекоподобных богов, и на небесах засверкали молниями Митра, Тор, Зевс, Юпитер с множеством других сверхъестественных существ. Так, у славян богом грома и молнии был Перун, как оплодотворяющее и карающее божество, приносящее весеннее тепло, дождь и грозы, а после Крещения Руси роль небесного громовержца перешла к Илье-пророку.

Развитие науки привело к первым представлениям о сущности грозы. Греческие ученые Анаксимен и Анаксагор рассматривали явление грозы как результат сгущения воздуха в облаках. Сократ видел основную причину возникновения гроз в столкновении облаков, Демокрит – в их соединении. Эти представления были обобщены и развиты Аристотелем, считавшим, что молния и гром образуются благодаря воспламенению в облаках разнообразных горючих испарений и завихриванию их между облаками. В эпоху Средневековья представления о природе грозных процессов не получили существенного развития.

Сегодня мы называем грозой процесс развития в атмосфере мощных электрических разрядов – молний, обычно сопровождаемых громом и связанных в большинстве случаев с укрупнением облаков и ливнеобразным выпадением осадков. Прохождение грозы над местностью, как правило, сопровождается довольно значительными изменениями метеорологических параметров приземного слоя воздуха. Это хорошо знакомые всем нам явления: падение температуры, повышение влажности воздуха, резкое изменение атмосферного давления, а также силы и направления ветра.

Ученые-метеорологи доказали, что грозовые процессы невозможны без разделения зарядов в облаке путем их переноса воздушными потоками – конвекции. Поле конвекции в облаках распадается на несколько своеобразных ячеек.

Каждая конвективная ячейка проходит стадию зарождения, зрелости и затухания. В стадии зарождения во всей конвективной ячейке преобладают восходящие течения. Зрелая конвективная ячейка характеризуется развитием восходящих и нисходящих потоков, электрической активностью, выраженной разрядами молний и выпадением осадков.

В последнее время исследования с помощью метеоспутников и прочих орбитальных космических аппаратов показали, что в облачной оболочке тропосферы действует своеобразный ледяной генератор. При этом подтвердилась гипотеза еще позапрошлого века о том, что электрические заряды накапливаются при соударениях кристаллов льда в виде снежинок или

градин с более крупными образованиями льда в грозовых облаках. При этом мельчайшие кристаллы льда устремляются с восходящими потоками воздуха в верхнюю часть облака и многократно соударяются с другими кристаллами. При этих столкновениях мелкие кристаллы льда теряют электроны и приобретают положительный заряд. В то же время более тяжелые частицы льда обретают отрицательный заряд и опускаются в нижнюю часть облака. Таким образом создается разделение зарядов с разностью потенциалов в миллионы вольт, которая и является причиной молний. При этом каждые десять тысяч тонн облачного льда приводят к молниеносному разряду атмосферного электричества.

Большинство молний приносит к Земле отрицательный заряд, но иногда встречаются разряды и противоположной полярности. В первом случае грозы значительно богаче молниями, чем во втором. При прохождении гроз через выступы скал и остроконечные детали сооружений на земной поверхности в воздух стекает преимущественно положительный заряд. Потеря земной поверхностью положительного заряда превышает потерю отрицательного в несколько раз. В высокогорных условиях вследствие разреженности воздуха разряд с острых окончаний значительно интенсивнее, чем в равнинной местности.

Чаще всего молния представляет собой многократный разряд. Это обычное явление, молний может насчитываться до нескольких десятков. Паузы между отдельными «залпами» составляют несколько секунд. Средняя длительность полного разряда молнии измеряется десятками долями секунды, отклонения от среднего значения в обе стороны возможны на порядок величины. Обычно разряд развивается лавинообразно, сначала в виде ионизованного канала, получившего название лидера молнии, он ступенчато продвигается от облака к земле.

В зонах умеренного климата разряды молний направляются по преимуществу к земле, в тропиках же большинство разрядов происходит между облаками или внутри одного облака.

Разряды молний могут происходить между соседними наэлектризованными облаками или между наэлектризованным облаком и землей. Разряду предшествует возникновение значительной разности электрических потенциалов между соседними облаками или между облаком и землей вследствие разделения и накопления атмосферного электричества в результате таких природных процессов, как дождь, снегопад. Возникшая таким образом разность потенциалов может достигать миллиарда вольт, а последующий разряд накопленной электрической энергии через атмосферу создает кратковременные токи от 3 до 200 кА. Для объяснения электризации грозовых облаков был разработан ряд теорий, например модель дробления дождевых капель потоками воздуха. В результате дробления падающие более крупные капли заряжаются положительно, а остающиеся в верхней части облака более мелкие – отрицательно.

Существует также конкурирующая индукционная теория. Она строится на предположении о том, что электрические заряды разделяются электрическим полем Земли, имеющим отрицательный знак. В основе этого механизма лежит явление электростатической индукции, заключающееся в появлении противоположного заряда вблизи заряженной поверхности. Воздушные массы, насыщенные атмосферным электричеством, в целом электронейтральны, но нижняя кромка тучи получает положительный заряд, а верхняя – отрицательный. Горизонтальные молнии происходят между противоположными зарядами самого облака, а вертикальные – между его нижней частью и земной поверхностью.

В теории свободной ионизации предполагается, что электризация возникает как результат избирательного накопления ионов находящимися в атмосфере капельками разных размеров. Возможно, электризация грозовых облаков осуществляется совместным действием всех этих механизмов, а основным из них является падение достаточно крупных частиц, электризуемых трением об атмосферный воздух.

При разряде молнии на всем протяжении ее извилистого пути происходит очень быстрое нагревание столба воздуха до нескольких десятков тысяч градусов. И основной канал молнии, и все его многочисленные разветвления становятся источниками ударных волн. Резкий

фронт ударной волны по мере удаления от места разряда все более сглаживается, и на некотором расстоянии от источника ударная волна превращается в акустическую (звуковую) волну небольшой амплитуды. В ходе этого превращения происходит постепенное уменьшение скорости распространения ударной волны вплоть до скорости звука в конечном итоге. Разветвленность разряда молнии между облаками обусловлена ступенчатым характером движения лидера, направление каждого шага которого определяется локальными условиями ионизации и потому носит в значительной мере случайный характер.

Средняя длина молнии обычно составляет несколько километров, но изредка между облаками могут проскакивать молнии в десятки раз длиннее. При этом разность потенциалов между грозовым облаком и Землей в верхнем пределе иногда достигает миллиарда вольт. Канал молнии определяется электрическим полем на конце движущегося лидера и локальной ионизацией. Вблизи земли его движение определяется коронным разрядом, возникающим над заостренными проводящими предметами, выступающими над поверхностью земли. Молния с большой вероятностью повторно ударяет в ту же самую точку, если только объект не разрушен предыдущим ударом.

Звуки, следующие после главного удара грома, создают впечатление удаляющегося от места наблюдения и постепенно затухающего рокочущего шума, это – раскаты грома. Они наблюдаются в местности с любым рельефом и образуются ветвящимся и удаляющимся от места наблюдения разрядом молнии. Длительность раскатов грома определяется особенностями развития молнии. В среднем раскаты длятся половину минуты, а крайние отклонения от среднего значения составляют около 50 %. Характер звучания грома является существенной особенностью уже начавшейся грозы. Народные приметы говорят, что длительные раскаты грома являются признаком приближения протяженного массива грозовых облаков. Глухой, продолжительный и умножающийся со временем гром с медленными раскатами характерен для длительной грозы, в то время как короткие и резкие удары с возрастающими по времени промежутками между ними характеризуют кратковременную.



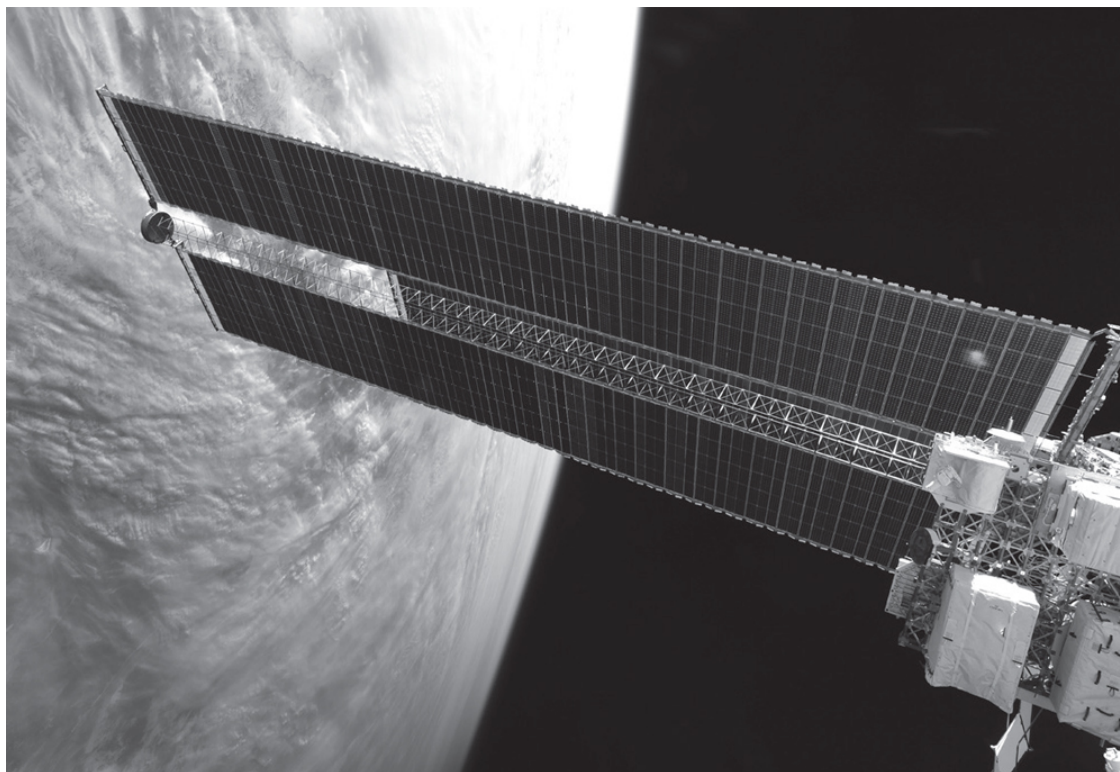
В грозу нельзя прятаться под деревом. Следует отойти на расстояние, в два раза превышающее его высоту. Попадая в землю, молния «растекается», и ее импульсный ток создает разность потенциалов на поверхности, так называемое шаговое напряжение. Напряжение тем меньше, чем дальше от места удара. А воздействие на человека тем меньше, чем уже стоят его ноги.

Средняя дальность слышимости грома для летних гроз на континенте составляет полтора десятка километров. Разница во времени между вспышками молнии и восприятием грома может достигать полутора минут. Гром от близкого разряда производит такое же действие на слух, как выстрел зенитного орудия в нескольких метрах от наблюдателя.

Площадь земной поверхности, на которой проявляются связанные с отдельной грозой электрические явления, простирается на десятки квадратных километров. Благодаря проводимости воздуха к земной поверхности на этой площади от облака поступает ток силой около ампера.

Учитывая, что на Земле каждую секунду наблюдается в среднем около 100 разрядов линейной молнии, можно подсчитать среднюю мощность, которая затрачивается в масштабе всей Земли на образование гроз; она равняется  $10^{18}$  эрг/с. В связи с этим следует отметить, что энергия конденсации, выделяющаяся в грозовом облаке средних размеров с площадью основания около  $30 \text{ км}^2$  при дожде средней интенсивности, составляет около  $10^{21}$  эрг. Таким образом, энергия, выделяющаяся при выпадении осадков из грозового облака, значительно превышает его электрическую энергию.

С давних времен в процессе познания грозы человек стремился подчинить ее своей власти. Об этом говорит, например, легенда о Прометее. Овладение грозами было предметом мечтаний ученых и философов Средневековья. В последние годы были сделаны попытки засева грозовых облаков кристаллами йодистого серебра, йодистого свинца и твердой углекислоты. Предполагается, что каждое из этих веществ может способствовать затуханию и даже полному прекращению грозового процесса за счет резкого усиления конденсации водяного пара. Опыты в этом направлении уже позволили накопить обширный экспериментальный материал, позволяющий сделать ряд практических выводов. На их основе были разработаны методики, позволяющие эффективно бороться с локальными очагами непогоды при главных праздничных, спортивных, музыкальных и политических мероприятиях на открытом воздухе.



Солнечные панели космической станции содержат в общей сложности 262 400 солнечных батарей и занимают площадь около  $2\,500\text{ м}^2$  – более половины площади футбольного поля.

Другой вариант основан на вычислении точной структуры и силы подогрева атмосферы, необходимого для снижения интенсивности урагана и изменения его курса. Несомненно, практическая реализация такого проекта потребует огромного количества энергии, но ее можно получить с помощью орбитальных солнечных электростанций.

Вырабатывающие энергию спутники следует оснастить гигантскими зеркалами, фокусирующими солнечное излучение на элементах солнечной батареи. Собранную энергию затем можно будет переправить на земные микроволновые приемники. Современные конструкции космических солнечных станций способны распространять микроволны, не нагревающие атмосферу и поэтому не теряющие энергию. Для управления погодой важно направить из космоса микроволны тех частот, при которых они лучше поглощаются водяным паром. Различные слои атмосферы можно нагреть согласно заранее продуманному плану, а области внутри урагана и ниже дождевых облаков будут защищены от нагрева, так как дождевые капли хорошо поглощают СВЧ-излучение.

Есть замечательный роман Даниила Гранина «Иду на грозу». В нем рассказывается о самоотверженных исследованиях молодых ученых, проводящих опасную авиаразведку бушующих гроз с борта плохо приспособленного транспортного самолета с целью найти критические параметры для управления погодой. В романе подобные попытки заканчиваются трагически, но сама идея воздействия на грозовые процессы непосредственно с борта летательного аппарата, находящегося в центре (глазе урагана), была очень популярна во второй половине прошлого века. К сожалению, практического воплощения «генератор» погодных условий не получил и до сих пор еще не построен.

Кроме проблемы управления погодными условиями существует не менее увлекательная задача получения энергии грозового электричества. В тридцатых годах прошлого века на одной из горных вершин Швейцарских Альп была установлена металлическая решетка. Во время гроз эта решетка собирала достаточный заряд для возникновения многометровых элек-

трических разрядов, что соответствовало силе тока в несколько десятков тысяч ампер и миллионновольтной разности потенциалов.

Вначале предполагалось получаемое на этой установке напряжение использовать для ускорения заряженных частиц в ускорителях. Однако от этой мысли пришлось отказаться ввиду сильной изменчивости электрического состояния грозовых облаков и невозможности его достаточной стабилизации. Попытки использовать протекающий во время гроз в поднятых высоко над земной поверхностью антеннах электрический ток для питания ламп накаливания также пока не дали экономически выгодного эффекта.

Каждую минуту на Земле происходит около 6000 ударов молний между облаками и земной поверхностью, естественно, что это совершенно фантастическое количество электроэнергии, расходуемое «впустую» планетными грозами, давно не дает покоя поколениям изобретателей. В научно-популярных изданиях можно найти самые разнообразные проекты различных вертикальных электролиний – громоотводов, прикрепленных к аккумуляторам и поддерживаемых дирижаблями, гелиостатами (воздушными шарами, нагреваемыми солнцем) и даже геостационарными (висящими над определенной точкой земной поверхности) спутниками. Вполне вероятно, что приближающийся глобальный топливно-энергетический кризис заставит научный мир пересмотреть отношение к подобным идеям, перейдя к детальному анализу наиболее перспективных из них.

Между прочим, один из удивительных феноменов проявления атмосферного электричества уже многие столетия служит мореходству, получив название Маяк Маракайбо.

## Глава 2. Молниевый шторм в Кататумбо

*С незапамятных времен грозные и таинственные явления природы волновали людей, интересовали их и требовали объяснения. Почему, к примеру, время от времени небо затягивают черные тучи, блещут молнии и гремит гром? Почему огненные стрелы поражают некоторых людей, даже если они спрятались под высокими деревьями, и не трогают других в чистом поле? Нет ли в этом какого-нибудь тайного смысла, не участвуют ли в этом выборе неведомые силы?*

**А. Томилин. Заклятие Фавна**

Как-то раз знаменитый британский пират «на службе короны», то есть имевший патент на официальный грабеж испанских колоний, Френсис Дрейк, задумал взять штурмом город Кататумбо. Этот некогда богатый испанский форпост расположен на северо-западе Венесуэлы, там, где река Кататумбо впадает в озеро Маракайбо. Весной 1595 года под покровом темноты отряды Дрейка подошли к стенам Кататумбо, и тут череда мощных беззвучных молний озарила все окрестности. Испанцы тут же подняли тревогу, и их пушки быстро обратили пиратов в бегство.

Это знаковое событие, предвосхитившее закат карибской пиратской вольницы, нашло свое отражение в эпической поэме Лопе де Вега «Песнь о драконе», написанной в 1597 году. В ней великий испанский драматург, поэт и писатель красочно изобразил гибель ненавистного адмирала-флибустьера.

Так весь мир узнал о прекрасном в своей загадочности природном явлении, которое получило название «молнии Кататумбо».

Феномен Кататумбо исследовал знаменитый прусский естествоиспытатель Александр фон Гумбольдт, пришедший к выводу, что молниевые штормы в небесах вызывают своеобразные «электрические взрывы». Наблюдения Гумбольдта дополнил известный итальянский географ Агустин Кодацци, много писавший об «удивительной череде молний высоко в небесах, которые возникают без грозовой канонады над болотами Зулиа» (Зулиа – это штат Венесуэлы, где располагается озеро Маракайбо и река Кататумбо).

Сегодня мы знаем, что непрекращающийся шторм Кататумбо выражается в возникновении множества последовательных молниевых вспышек. Порывы этого небесного шторма возникают в основном ночью и сильно зависят от времени года, достигая пика интенсивности в мае и октябре. Интенсивность ударов молний здесь одна из самых высоких на Земном шаре и достигает 250 разрядов на квадратный километр в год. При этом количество грозных дней в году меняется от семидесяти до двухсот. В суточном пике активности, который приходится на время от семи часов вечера до четырех утра, можно увидеть до трех десятков вспышек в минуту. В час молнии вспыхивают до трех сотен раз.



Молнии видны с расстояния до 400 км, не только в дни штормов, но и в обычные. Из-за такой постоянной грозовой активности молниевый шторм называют Маяком Маракайбо, ведь на протяжении столетий яркие сполохи помогали судам ориентироваться в болотистой дельте Кататумбо.

Грозовые тучи над Кататумбо порождают более миллиона молний в год, мощность каждой из которых составляет порядка 400000 А. Непрерывно сменяя друг друга, небо пересекают колоссальные электрические разряды до десяти и более километров длиной. Самое интересное, что при такой интенсивности молний практически не слышно грозových раскатов.

Считается, что молнии Кататумбо являются крупнейшим одиночным генератором озона на Земле. Впадающая в озеро Маракайбо река Кататумбо проходит через очень большие болота, вымывая органические материалы, которые, разлагаясь, выделяют огромные облака ионизированного метана. Потом они поднимаются на большие высоты, где разносятся сильными ветрами, прибывающими из Анд. Метан, ослабляя изоляционные свойства воздуха в облаке, вызывает частое появление молний.

Существуют и другие версии возникновения молниевых штормов над Маракайбо, но в январе 2010 года метановая гипотеза получила существенное подтверждение. После многомесячной засухи многие болота пересохла, и выбросы метана резко снизились. Вскоре Маяк Маракайбо погас. Небесные сполохи исчезли на долгие три месяца, так что экологи, метеорологи и туристы забили тревогу задаваясь вопросом, почему прекратился удивительный феномен. К счастью, после обильного сезона дождей, восстановившего водный баланс болот, генератор молний заработал вновь и с небольшими перерывами продолжает сверкать до сих пор.

Обычно молнии «включаются» примерно через час после заката. К этому моменту небольшие кораблики с туристами уже качаются на волнах озера. Берег чуть виден, и его огни не мешают наслаждаться удивительной и завораживающей картиной бесконечной пляски желто-оранжевых всполохов. При этом старожилы не рекомендуют искать встречи с молниями в период с января по март.

Недавно НАСА представило серию снимков молниевых штормов, сделанных с высоты нескольких сотен километров метеоспутником GOES-16. Этот геостационарный спутник

наблюдения за окружающей средой был запущен на орбиту высотой в 35,8 тысячи км и с тех пор висит над Западным полушарием, анализируя погоду и передавая данные на Землю.

Этому новейшему американскому погодному спутнику и удалось запечатлеть поразительный мощный электрический шторм, который разразился над северо-западом Венесуэлы. Кроме всего прочего, GOES-16 зафиксировал редкую особенность молниевых штормов, когда разряды бьют исключительно из тучи в тучу параллельно земной поверхности.

На гербе и флаге штата Зулия в честь феномена Кататумбо изображен стилизованный Маяк Маракайбо. При этом власти штата при поддержке центрального правительства на протяжении многих лет ставят вопрос о включении этого удивительного природного явления в перечень памятников всемирного наследия ЮНЕСКО. Если молнии Кататумбо когда-нибудь попадут в этот список, это, несомненно, будет беспрецедентным решением мирового сообщества.

### Глава 3. Молниеносные призраки

*Издавна считалось, что в Древнем Лесу, помимо обитателей фауны, живут таинственные призрачные эльфы. Они являлись защитниками леса от посторонних, которые нарушали покой и порядок, пытались посягнуть на святое – на их дом. А те, кто все же решил вторгнуться в лес, не смели задерживаться там дольше, чем до заката солнца, ибо, когда на землю опускался мрак ночи, начиналась охота на неожиданных гостей. Мало кому удавалось выбраться из леса живым, сквозь тьму, засады и ловушки, поставленные невидимыми, как призраки, существами. А те немногие счастливицы, которым удалось спастись, говорили, что эти войны ловки, а их удары сильны, как разряды молний, и точны, как время, а тьма – их стихия.*

*Дж. Толкиен. Властелин колец*

Кто не помнит из детства описание таинственного Древнего Леса из романа Толкиена! И вот, в конце двадцатого века, кажется, прямо со страниц романа сошли сказочные персонажи, чтобы обогатить науку об атмосферном электричестве удивительными образами молний-призраков. Призрачные короткоживущие молнии – спрайты, эльфы, джеты и струи – быстро стали одним из интенсивно исследуемых явлений в атмосферной физике.

Характеристики спрайтов были зарегистрированы исследователями из различных частей света, но, несмотря на внимание, которое было обращено на новый вид молний, до сих пор не существует приемлемой теории, которая удовлетворительно объясняла бы их инициирование и развитие.

Удивительна история открытия молний-эльфов. Впервые они наблюдались с борта космического аппарата, поскольку являются наиболее вероятной формой разгрузки молниевых разрядов на больших высотах (30–95 км), их существование многие исследователи связывают с квазиэлектростатическими областями, насыщенными электричеством в нижней кромке грозового облака. Среди них преобладает окраска пурпурного цвета, время их жизни составляет несколько миллисекунд. Из-за низкой поверхностной яркости они были зафиксированы только ночью (прежде всего очень чувствительными монохроматическими камерами). Однако если глаза наблюдателя достаточно привыкли к темноте, то спрайты можно обнаружить без каких-либо оптических инструментов.

Голубыми или синими спрайтами называют оптические вспышки, пляшущие над грозовыми тучами на высоте от 30 до 90 км. По своей природе они родственны высотным молниевым разрядам, но возникают на самом краю атмосферы, и были открыты в ходе орбитальных наблюдений поверхности верхнего облачного покрова гроз. Вспышки голубых спрайтов и родственных им синих джетов обычно длятся от нескольких сотых до нескольких десятых долей секунды и имеют характерные формы, которые исследователи описывают как «колонны», «пальцы», «деревья» и «морковь».



Поскольку спрайты возникают на большой высоте, они могут влиять на химический состав озонового слоя Земли.

Далеко не сразу к ученым пришло понимание, что эти оптические явления связаны с положительным облачным покровом основания туч, так как они сопровождают удары молнии в значительном удалении от электрически активных ядер гроз. На сегодняшний момент еще не найдено отрицательных спрайтов.

Эльфы – это разбросанные области яркости, которые возникают намного выше энергетических уплотнений разрядов молний положительной или отрицательной полярности. Скорее всего, эльфы исчезают после того, как энергетический электромагнитный импульс разряжается в ионосферу. Хотя обычные молнии и могут сопровождаться эльфами, считается, что их причинный механизм имеет полностью различную природу.

Кстати, свое необычное название эльфы получили как английский акроним слов: эмиссия света и возмущений. Красные эльфы и синие джеты – это верхние атмосферные оптические явления, связанные с грозами, которые были зарегистрированы с использованием телевизионных технологий ночного видения. Первые изображения эльфы были случайно получены в 1989 году и начиная с 1990 года двадцать изображений зафиксированы с шаттла «Колумбия».

С тех пор зарегистрировано более тысячи видеонаблюдений эльфов и джетов. Они включают как наземные измерения, так и авиационно-космические. После красных призраков в результате высотной аэрокинофотосъемки были обнаружены многочисленные изображения новой формы оптической активности, получившие название синих джетов. Синие джеты появляются непосредственно у вершин облаков и выстреливают вверх узкими конусами через стратосферу. Их восходящая скорость оказалась фантастически велика: приблизительно 100 км/с.

Высокоскоростные фотометрические измерения показывают, что продолжительность эволюции эльфов связана с молниевыми разрядами в распадающихся частях гроз и зависит от интенсивности ударов положительных молний по направлению центр-основание. Оптическая интенсивность средней группы из пучков эльфов, оцененная по сравнительной сводной таблице звездных интенсивностей, сопоставима с умеренно яркой утренней дугой восхода (до появления края солнца).

Для невооруженного человеческого глаза молнии-призраки предстают в виде обширных неярких вспышек-сплохов пастельных тонов, но в усиленном телевизионном изображении, которое можно получить на земной поверхности или с борта летящего самолета, они уже проявляются как сложные комплексные структуры, принимающие самые разнообразные формы и очертания.

Второе крупное семейство молний-призраков – синие джеты – представляет собой высотное оптическое явление со временем жизни около секунды. Они существенно отличаются по спектрально-световой гамме и внешнему виду от эльфов, хотя наблюдаются в тех же областях выше гроз с использованием таких же телевизионных систем ночного видения. Из их названия (jet – выброс, англ.) подразумевается, что джеты похожи на оптические выбросы из вершин электрически активных основных областей гроз. После их появления от вершины грозовой тучи они типично размножаются вверх в узких конусах с вертикальной скоростью примерно 100–300 км/с, раздуваясь и исчезая приблизительно на пятидесятикилометровой высоте. Существование голубых струй давно было предсказано геофизиками, но только ученым, пролетая в самолете со скоростной видеоаппаратурой над большой грозой, удалось заснять это потрясающее зрелище.

Молнии-призраки эльфы рождаются довольно редко и только в области активных слоев грозы. Они обычно встречаются группами, занимая обширное пространство, при этом кажутся плотно упакованными пучками из многих индивидуальных эльфов. Изредка встречаются обширные призраки со свободной упаковкой структуры, простирающиеся в поперечно-горизонтальном направлении на десятки километров и занимающие атмосферные объемы в десятки тысяч кубических километров.

Чтобы их увидеть, необходимо оказаться в условной зоне визуального доступа выше шторма между свободно парящими облаками и темным звездным фоном. В большинстве случаев подобные условия складываются нечасто. Сами по себе эльфы тусклые и могут быть замечены только привыкшими к темноте глазами. В среднем их яркость сравнивается со слабыми северными сияниями. Непосредственное восприятие призрачных молний эльфов и джетов определяется особенностями человеческого зрения.

В сетчатке наших глаз два вида рецепторов, так называемые колбочки и палочки. Колбочки отвечают за цветное зрение, их пороговая чувствительность приблизительно пересекается с уровнем восприятия молнии-призрака. Палочки несколько более чувствительны, но они обеспечивают черно-белое вечернее и ночное видение предметов.

Обычно призрачные молнии представляют собой обширные, но слабые вспышки, которые появляются непосредственно выше верхней кромки грозы. Они напоминают небольшие сплохи и многократные вертикально удлиненные пятна со слабыми всплесками свечения, которые простираются от вершин облака на десятки километров. Чаще всего наиболее яркая область свечения располагается на высоте 65–75 км, выше которой часто можно наблюдать слабый красный жар, который простирается приблизительно на 90 км. Ниже яркой красной областью наблюдаются синие волокнистые структуры, простирающиеся вниз на несколько десятков километров.

Поэтому привыкшие к темноте глаза готовы зафиксировать эльфов и джетов как бесцветные тени, при этом нужно не смотреть на объект непосредственно, а использовать боковое зрение. Таким образом, они могут буквально появиться как вспышки в уголках глаз (возник-

нуть как призрак!). Из-за призрачной основы эльфов очень трудно рассмотреть в присутствии ярких близлежащих огней, например в городе. Следует также учитывать, что подсветка облака от молнии составляет величину более яркую, чем сам эльф. Это может легко отвлечь наблюдателя, чтобы он мог заметить мимолетный и тонкий танец красных эльфов высоко в небе выше шторма, бушующего ниже. Обычно эльфы живут в течение 3–10 мс. Это слишком мало, чтобы сфокусировать на них пристальный взгляд для полного визуального контакта.

Недавно было открыто еще несколько новых типов молний, их назвали «голубые струи». Эти атмосферные разряды, формирующиеся очень высоко в земной атмосфере, намного выше, чем слои, где появляются обычные молнии. Голубые струи образуются начиная от вершин облаков и до высот порядка полусотни километров. Поскольку жизнь голубых струй составляет всего лишь секунду, их можно заснять только скоростной видеокамерой. Голубые струи выглядят узкими конусами, перемещающимися в пространстве со скоростью около 100 км/с.

Если учесть все вышперечисленные особенности появления и наблюдения молний-призраков, становится ясно, почему они столь неуловимы. Однако в ряде случаев они могут быть замечены и невооруженным человеческим глазом. Для этого требуется четко видеть всю перспективу грозы, особенно если молниевые разряды наблюдаются вблизи горизонта, при этом облачный покров должен быть не особенно мощным.

Лучше всего наблюдать грозовой шторм на расстоянии 200–300 км в сгущающихся сумерках. При этом глаза должны быть полностью адаптированы к темноте, как в случае астрономических наблюдений. Если вы можете увидеть Млечный Путь, это значит, что уже достаточно стемнело и зрение приспособилось к фиксации молний-призраков. Далее необходимо остановить пристальный взгляд на пространстве выше активной области грозы, стараясь при этом не отвлекаться на молнии внутри наэлектризованного облака. Эльфы и джеты как очень краткие вспышки воспринимаются только на самом краю визуальной чувствительности. Они перемещаются слишком быстро, чтобы следовать за ними глазами, но их странный вид, вертикальная полосатая структура и багровый тусклый цвет могут быть замечены боковым зрением и отложиться на сетчатке глаза. Так, терпение наблюдателя может быть вознаграждено, если правильно выбрать вид грозового шторма и геометрическую перспективу наблюдения молниевых разрядов. Можно сказать, что вероятность увидеть эльфов, струи и джеты намного превосходит возможность наблюдения метеоров.

Иногда появление молний-призраков смешанного типа «эльф-джет» объясняют ионосферным резонансом Шумана, связанным с явлением образования стоячих электромагнитных волн низких и сверхнизких частот между поверхностью Земли и верхними слоями атмосферы: если возникшая в этой среде электромагнитная волна от разряда мощной молнии после огибания Земного шара снова совпадает с собственной фазой (входит в резонанс), то она может существовать долгое время, порождая всплески слабого свечения.

Большой научный интерес представляет электронное моделирование возможных электрохимических эффектов для эльфов и джетов в мезосфере и стратосфере с помощью разнообразных компьютерных программ. Следует признать, что с помощью компьютерных моделей эволюции эльфов были установлены многие важные закономерности их поведения. Так, прояснился принципиальный вопрос: могут ли они создавать в пределах верхней атмосферы локально или глобально существенные долгоживущие электрохимические остатки?

В целом призрачные молнии должны играть большую роль в общей земной системе перераспределения атмосферного электричества и могут быть существенным элементом глобальной электрической цепи Земли. Вполне вероятно, что они были неотъемлемой частью гроз, которые произошли за предыдущие миллиарды лет после возникновения атмосферы и даже внесли свой вклад в процесс возникновения жизни на Земле.

Можно строить предположения о возможности возникновения подобных явлений, связанных с молниевыми разрядами и на других планетах Солнечной системы, особенно это каса-

ется Юпитера и Венеры, где были обнаружены следы необычно сильного радиоизлучения от молниевых разрядов.

## Глава 4. Круглое электричество

*Нам думается, что ранее высказанные гипотезы о природе шаровой молнии неприемлемы, так как они противоречат закону сохранения энергии. Это происходит потому, что свечение шаровой молнии обычно относят за счет энергии, выделяемой при каком-либо молекулярном или химическом превращении, и, таким образом, предполагают, что источник энергии, за счет которого светится шаровая молния, находится в ней самой...*

### **П. Капица. О природе шаровой молнии**

Иногда кажется, что мы лучше знаем о том, что происходит во время вспышек сверхновых и при образовании нейтронных звезд, чем о том, что творится буквально рядом с нами во время грозы. И конечно же, чаще всего среди самых интригующих загадок атмосферного электричества упоминается шаровая молния. Еще недавно многие авторитетные ученые не верили в само ее существование. Наблюдение в природе продолжает быть единственным надежным средством исследования, несмотря на опыты, ведущиеся в физических лабораториях, и компьютерные эксперименты. Поэтому установить факты можно только одним способом – тщательной проверкой сообщений очевидцев и накоплением статистики.

Само по себе увеличение объема фактических данных не всегда ведет к устранению противоречий и созданию определенной картины явления. Наоборот, в некоторых случаях хаос только нарастает, а четкая физическая картина не прорисовывается. Это верный признак того, что наблюдения – плод досужей фантазии и богатого воображения, никакого реального содержания за ними нет или мы очень далеки от его истинного понимания.

В других же случаях накопление фактов приводит к тому, что туман рассеивается и из него начинают выступать четкие контуры реальности. Именно так и получилось в случае шаровой молнии. Огромный материал, собранный современными учеными, принес лишь несколько новых открытий по сравнению с тем, что было известно о шаровой молнии еще двести лет назад. Но он позволил точно утверждать, что шаровая молния действительно существует, и выделить определенные признаки, с помощью которых можно отделить правильные сообщения очевидцев от неточных, преувеличенных или выдуманных. Кроме того, ученые впервые смогли надежно оценить физические параметры шаровой молнии и благодаря этому сделали шаг вперед к научному объяснению ее природы.

Что же известно сейчас о шаровой молнии?

Почти в половине случаев за время наблюдения молния успевает пройти от одного до десяти метров. Очевидцы сообщили, что молния двигалась горизонтально, в каждом пятом случае она опускалась вниз и лишь в каждом двадцатом поднималась вверх. В среднем молния проходит за секунду не больше нескольких метров, отсюда следует, что этот огненный шар состоит из газа, который лишь немногим плотнее воздуха.

Подавляющее большинство людей может за свою жизнь наблюдать множество разрядов обычной молнии, так и не увидев ни разу шаровой. По количеству свидетельских показаний можно оценить, что в год их наблюдается десятки тысяч, но за всю свою жизнь это явление видит примерно один человек из тысячи.

А насколько часто шаровые молнии возникают? Естественным масштабом для сравнения является частота появления молний линейных. Мы видим такую молнию издалека, но оказаться вблизи от места, куда она ударила, – довольно редкое событие. Можно предположить, что приблизительно в двух из пяти случаев удар линейной молнии сопровождается появлением шаровых.

Средний диаметр шаровой молнии составляет 20–30 см, хотя чаще встречаются молнии поменьше. Появляющиеся при ясной погоде значительно крупнее возникающих во время грозы и наблюдаются в течение более длительного времени. В половине случаев шаровая молния появляется в радиусе пяти метров от наблюдателя, а в каждом шестом случае пролетает в полуметре.

Появление шаровой молнии связано с прохождением грозы над местностью, иногда светящийся шар возникает рядом с каналом линейной молнии. Однако в двух из каждых трех случаев наблюдений она возникала из розеток, электроприборов, радиоприемников, телевизоров, телефонов, батарей отопления и даже гвоздей, вбитых в стену, – то есть из металлических проводников; а также проникала сквозь диэлектрики (стекло и прочее), иногда повреждая их.

Нередки случаи, когда шаровая молния проходила через щели, даже не опалив обоев, или с ловкостью вора-домушника «вырезала» кружок оконного стекла по своему размеру, не повредив остальное.

В девяти из десяти случаев молния имеет сферическую форму, благодаря чему и получила свое название. Иногда ее образ бывает искажен электрическими полями или потоками воздуха: молния становится похожей на эллипсоид, грушу или совсем теряет правильную форму. В двух случаях очевидцы наблюдали молнию в форме кольца. Цвет свечения шара – от красноватого до светло-голубого и зеленого. Появление шаровой молнии иногда сопровождается шипением, жужжанием, свистом, завыванием и потрескиванием. Двигается она медленно, иногда останавливается, а достигая какой-либо преграды, часто взрывается. Мощность взрыва достаточна, чтобы разрушить печную трубу, разбить на кусочки кирпичи здания. Иногда шаровая молния исчезает бесшумно. Обычно после ее исчезновения в помещении остается остро пахнущая дымка, голубая в отраженном свете и коричневая в проходящем.

Существуют также неподвижные шаровые молнии, испускающие ослепительно-белый свет. Они «закрепляются» на остриях громоотводов (да-да, громоотводы не спасают), на краях металлических крыш, на верхушках труб. В то время как подвижные молнии могут оседать и становиться неподвижными, те, наоборот, порой срываются с места. Большая шаровая молния может иногда распасться на несколько светящихся шаров меньшего размера.

Еще одним поразительным свойством шаровой молнии является способность проникать через узкие отверстия и даже щели, деформируясь при этом и вновь восстанавливая сферическую форму после выхода в свободное пространство. Один очевидец наблюдал с расстояния 15–20 см, как через отверстие в стене «...пролезал желтый шарик величиной с крупный апельсин, – и уточнил, – вернее, не пролезал, а переливался из одной половины в другую». Другой рассказал, как шаровая молния прошла в комнату через трещину в стекле сплюсшившись, поскольку размер ее был больше размеров трещины.

Подобные явления можно объяснить тем, что вещество молнии отчасти похоже на жидкость: оно обладает поверхностным натяжением и не смешивается с окружающим воздухом.

Световой поток, испускаемый шаровой молнией, для оценки сравнивают со светом электрической лампочки. Чаще всего очевидцы называют два интервала: 50–100 и 100–200 ватт, на которые в сумме приходится около половины наблюдений. Таким образом, световой поток от шаровой молнии в среднем сравним с тем, который испускает стоваттная электрическая лампочка. Но удивительно не это: оказывается, излучая свет, шаровая молния почти совсем не выделяет тепло! Судя по наблюдениям, не может быть речи о температуре в тысячу градусов, которую часто приписывают шаровой молнии.



Шаровая молния – не что иное, как сгусток обыкновенного воздуха, заряженного энергией. Шар, «проплывая», отдает свою энергию свободным электронам окружающего воздуха. Это вызывает его свечение. Если, в условиях открытого пространства, на его пути встречаются вещества (пыль, сажа), действующие как катализаторы, шар взрывается.

Вблизи поверхности земли сила тяжести молнии уравнивается действием электрического поля от зарядившейся в грозу поверхности почвы. В таком взвешенном состоянии движение молнии зависит либо от воздушных потоков, либо от небольших изменений приземного электрического поля. Именно в этом состоит причина необычности ее поведения. Дело в том, что мы не имеем органов, которые реагировали бы на напряженность электрического поля. Во время грозы оно может возрасти вокруг нас в тысячи раз, и тем не менее мы этого не ощутим. Поэтому в повседневной жизни мы не знаем, как меняется электрическое поле вокруг нас, и, в отличие от поля тяжести, не привыкли считаться с ним как с возможной причиной, определяющей движение тел.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.