

Торшин В. В.

[ЕЩЕ ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОЙ ПРИЧИНЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЯВЛЕНИЯ ТОРНАДО](#)

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/6/58.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

[Альманах современной науки и образования](#)

Тамбов: Грамота, 2009. № 6 (25). С. 185-190. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/6/

[© Издательство "Грамота"](#)

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

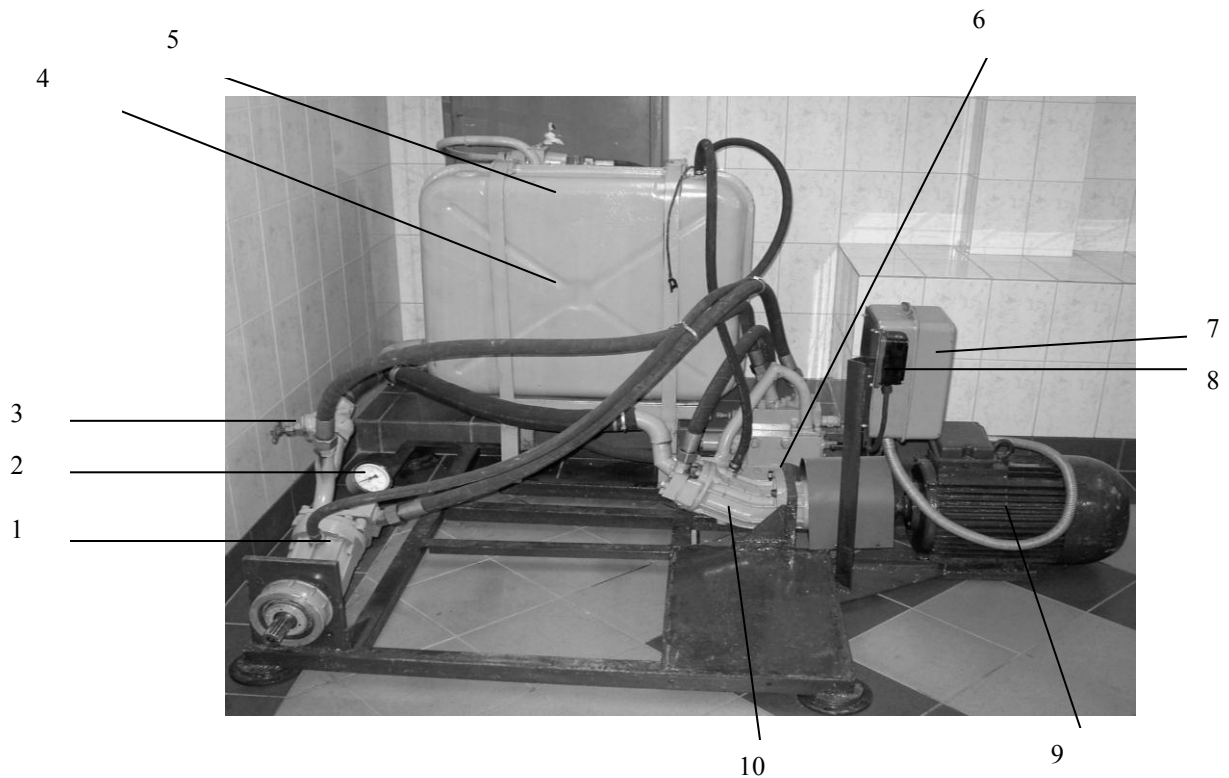


Рис. 1. Стенд с гидроприводом для обкатки и диагностирования технического состояния ДВС: 1 - гидромотор 310.56.03.00; 2 - манометр; 3 - дроссель; 4 - бак; 5 - фильтрующие элементы И-430; 6 - гидрораспределитель Р160 3/1-111; 7 - электроциток; 8 - пускач 380V; 9 - электромотор 160 М; 10 - гидронасос 310.56.03.00

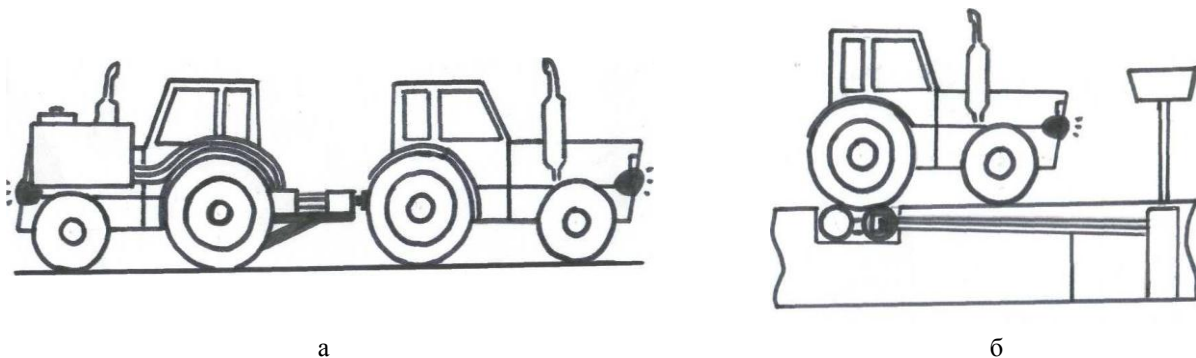


Рис. 2. Предлагаемые схемы гидравлических обкаточно-тормозных установок: а) передвижной; б) стационарный с диагностированием элементов трансмиссии и тормозной системы

ЕЩЕ ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОЙ ПРИЧИНЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЯВЛЕНИЯ ТОРНАДО

Торшин В. В.
Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова

«Торнадо» или смерчи, неизбежное явление природы. Они происходили, происходят, и будут происходить на Земле. Разрушения, которые сопровождают торнадо, действительно чудовищны! Естественно во всех странах пытаются понять причины возникновения этого страшного природного явления. О природе возникновения этого явления написано немало книг и научных статей. В этой статье делается еще одна попытка объяснить механизм возникновения «торнадо». В отличие от других, мы, постараемся вскрыть причины и следствия ограничившись, только двумя понятиями: *электрическим* и *магнитным* полям. Естественно не углубляясь в эти фундаментальные понятия, поскольку такой литературы издано в настоящее время в избытке.

Итак, кратко об *электричестве* в атмосфере.

Известно, что Землю пронизывают электрические силовые линии и атмосфере Земли существует вертикальное электрическое поле E величиной 100 В/м. *Знак поля отвечает отрицательному заряду земной поверхности.* На практике это означает, что над любой поверхностью Земли (будь то суша или море) с каждым метром электрический потенциал возрастает на 100 В по мере подъема над этой поверхностью. Как показывают измерения, с увеличением высоты поле продолжает существовать, правда становится слабее и на высоте около 50 км уже еле заметно, так что большая часть изменения потенциала приходится на малые высоты. *Вся разность потенциалов* между поверхностью земли и верхом атмосферы составляет почти 4000000 В [1].

Воздух не идеальный изолятор, поэтому от неба к земле всегда протекает электрический ток. Величина этого тока очень небольшая и составляет приблизительно 10-6 мкА [1]. Возникает справедливый вопрос, почему атмосфера имеет проводимость и откуда происходит этот ток? Этот вопрос очень важен для понимания и объяснения процессов, происходящих в атмосфере при возникновении явления «*торнадо*». На этот счет имеется множество теорий и разъяснений, но до конца пока этот вопрос является невыясненным. Большинство ученых склонно считать, что проводимость атмосферы связана с *ионами*. Среди молекул воздуха имеются такие молекулы, например кислород, у которого имеется лишний электрон, а иногда и, наоборот, у него отсутствует электрон, т. е. образуется *ион* кислорода. Ионы, благодаря своему электрическому полю притягивают другие молекулы, и становится микроскоплением ионов, которые дрейфуют вверх и вниз, создавая микротоки. Подробнее о происхождении ионов и их взаимодействиях можно ознакомиться в литературе, например, [1]. Хотя плотность электрического тока в воздухе невелика и достигает несколько микроампер на квадратный метр, но поскольку этих метров в квадрате на Земле много, то весь ток, достигающий земной поверхности примерно равен 1800 А [1]. А так как этот ток «положительный», то весь положительный заряд переносится к Земле под напряжением 400000 В, что составляет суммарную мощность 700 мВт [1]! Фактически понадобилось бы всего полчаса, чтобы лишить Землю отрицательного заряда, однако до сих пор этого не произошло, а напряжение, тем не менее, существует и поддерживается ток на постоянном уровне. На Рис. 1 представлена такая условная картина *земного электричества* вплоть до высоты 50 км.

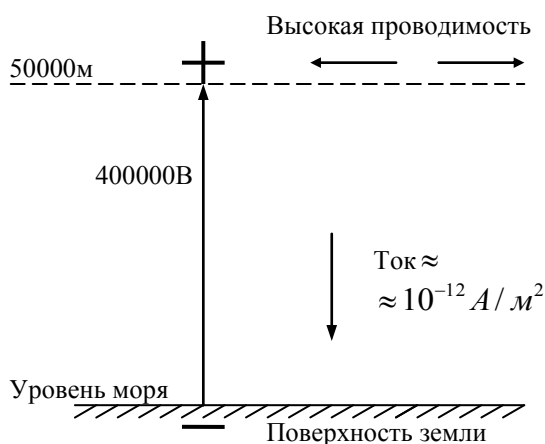


Рис. 1. Распределение атмосферного электричества

Где же тот невероятный заряд, который в считанные секунды способен разрядить наш земной электрический потенциал? Ответ на этот вопрос, можно получить, если предположить, что *этой фантастической заряд - источник молнии.* Действительно, именно молнии «снабжают» Землю отрицательным зарядом. Именно грозы заряжают Землю током в среднем в 1800 А электричества, которое затем разряжается в районах с хорошей погодой. В среднем на Земле каждые сутки гремит около 300 гроз. *Грозы и можно рассматривать как «батареи»,* которые поставляют электричество в верхние слои атмосферы. Общая степень грозовой активности достигает максимума к 19 часам по лондонскому времени [1].

Теперь обратимся к обсуждению самой важной для нас стороны дела - *к причинам образования электрических зарядов.* Многочисленные измерения грозовых облаков, проведенные с помощью авиации, выяснили, что распределение электрических зарядов внутри облака близко к картине, показанной на Рис. 2 [1].

На Рисунке 2 приняты следующие обозначения: 1 - центр положительных разрядов; 2 - центр отрицательных зарядов; 3 - область отрицательного дождя; 4 - небольшой центр положительного заряда в области сильного дождя; 5 - градиент потенциала при хорошей погоде. Как видно из Рисунка 2, верхушка ячейки заряжена положительно, а низ ячейки отрицательно, за исключением небольшого участка положительного зарядов в нижней части тучи. *Никто не знает, почему он там появляется и насколько он важен* [1]. По крайней мере, распределение в основном таково, что *преимущественно отрицательный заряд находится внизу облака, а положительный вверху.* Такое расположение «батареи» (грозовой тучи) позволяет заряжать Землю *отрицательным зарядом.* Положительные заряды находятся на высоте 6-7 км над Землей, где температура достигает минус 20 градусов по Цельсию, а отрицательные - на высоте 3-4 км, и температура там, около нуля градусов. Заряда нижней части тучи достаточно, чтобы создать разность потенциалов между ней и Землей в 20, 30, и даже 100 млн. В [1].

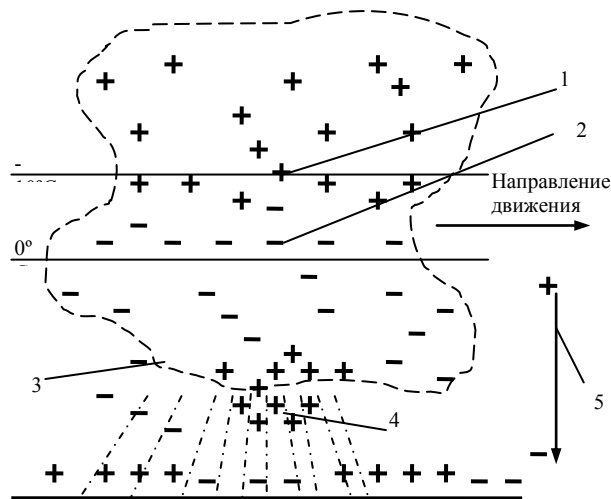


Рис. 2. Распределение электричества в созревшей грозовой ячейке

Итак, мы закончили первую часть о роли электричества в атмосфере. Теперь мы, по крайней мере, мы хоть отчасти можем понять, откуда оно берется. *Главный вывод состоит в том, что при любой погоде всегда существует напряженность электрического поля между Землей и ее поверхностью, а, значит, существует движение зарядов, причем отрицательные заряды двигаются по направлению к Земле сверху вниз* (во время грозы, этот процесс усиливается многократно). Вот такое на сегодняшний день легкое объяснение происхождения электричества в атмосферных процессах.

Но тема нашей статьи не происхождение электричества в атмосфере, а - происхождение явления «торнадо», однако без понимания формирования электрических процессов в атмосфере вообще нельзя понять, как образуются «торнадо».

Теперь кратко остановимся на магнитном поле Земли и посмотрим, какую роль она играет в явлении «торнадо».

Как известно, кроме электрического потенциала, Земля обладает и магнитным полем. О возможном происхождении магнитного поля Земли также написано немало литературы, но пока остается два очевидных факта. Земля, как и любой другой постоянный магнит, обладает двумя полюсами: южным и северным. И второе обстоятельство, магнитная стрелка компаса направлена вдоль силовых магнитных линий поля Земли в большинстве случаев вдоль меридианов, а на магнитном экваторе вдоль линий экватора. Имеются, конечно, и исключения в виде различных магнитных аномалий, но об этом несколько позже.

Для понимания причин возникновения «торнадо», следует обратиться более подробно к некоторым свойствам и особенностям магнитного поля. Прежде всего, нас интересует движение заряженной частицы (электрона, иона) в постоянном магнитном поле, каковым и является магнитное поле Земли. Если электрон (ион) под воздействием электрического поля начинает двигаться в постоянном магнитном поле, то на него начнет действовать сила, которая называется сила Лоренца F_L , и которая численно равна [2]

$$F_L = e \cdot v \cdot \mu_0 \cdot H, \quad (1)$$

где e - заряд электрона, v - скорость электрона, μ_0 - магнитная проницаемость в вакууме, H - напряженность магнитного поля.

Если постоянное магнитное поле однородно, то заряд (электрон, ион), вращаясь по окружности в плоскости, перпендикулярной к магнитному полю, будет двигаться под воздействием электрического поля равномерно вдоль силовой магнитной линии поля, так что его траектория будет представлять собой винтовую (спиралеобразную) линию (Рис. 3) [2]. Иначе говоря, под действием силы Лоренца электрон вращается вокруг линии магнитной напряженности H (говорят «навивается» на силовую линию) с частотой обращения $\omega_e = eH / m_e c$, где e , m_e - заряд и масса электрона ($1,60219 \cdot 10^{-19} \text{К}$; $9, 109558 \cdot 10^{-31} \text{кг}$ [3]).

В классическом понимании, особенность постоянного однородного магнитного поля состоит в том, что оно может только изменять траекторию движения заряда (электрона, иона) а скорость заряда остается неизменной. Таким образом, однородное магнитное поле не совершает работы над зарядом. Это означает, что при движении заряда в постоянном магнитном поле энергия от поля не отбирается.

В случае неоднородного магнитного поля, сила Лоренца (1) уже не будет оставаться постоянной от точки к точке при заданной скорости и направлении движения заряда, поэтому траектория движения заряда будет, намного сложнее. Сформировать неоднородное магнитное поле совсем нетрудно, можно, например, полюсам магнита придать изогнутую форму, или направить одноименные полюса магнита навстречу друг другу. Заряд, попавший в неоднородное магнитное поле, будет совершать другое сложное движение (Рис. 4) [2].

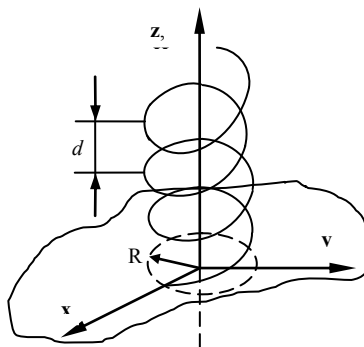


Рис. 3. Электрон (ион) в равномерном магнитном поле H

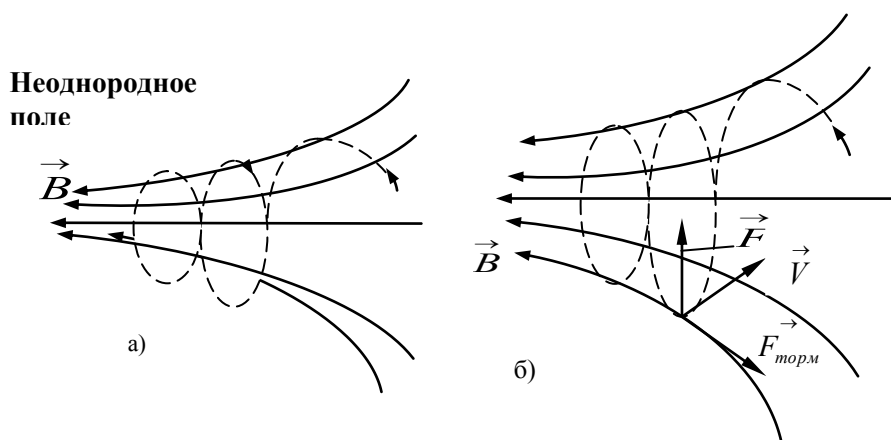


Рис. 4. Движение заряда в неоднородном магнитном поле

Электрон (ион) начнет быстро *вращаться вокруг силовой магнитной линии поля* и более медленно продвигаться вдоль нее, орбита уже не будет окружностью и возникнет «дрейф». Вследствие этого, с *увеличением частоты вращения заряда, энергия электрона увеличится!* В какой-то точке продольное движение электрона прекратится, а так как сила Лоренца продолжает действовать в том же направлении, то начнется *ускоренное движение в обратном направлении*, то есть, в область более слабого поля (Рис. 4б). Именно такие эффекты проявляются в магнитном поле Земли, захватывающей заряженные частицы, приходящие из космоса, в частности от Солнца, и вызывают полярные сияния.

Определив только необходимые свойства по электричеству в атмосфере Земли, и предоставив скромную информацию о движении заряженных частиц *в постоянном однородном и неоднородном магнитном поле*, перейдем непосредственно к механизму возникновения явления «торнадо». Но для этого вначале внимательно посмотрим на Рисунок 5 [4].

Фактически магнит 1 (Рис. 5а, б) практически повторяет принятое магнитное поле Земли, единственное отличие вызывает фигура (а), где показана эпюра распределения магнитного потенциала вдоль оси магнита. А вот Рис. 5в отличается от привычного понимания магнитного поля Земли наличием дополнительного магнита 2, внесенного в нейтральную зону магнита. Если поместить в эту зону магнит (2), то направление силовых магнитных линий можно легко изменить (Рис. 5в). Угол отклонения магнитных силовых линий будет зависеть от величины магнитной напряженности, создаваемой вторым магнитом. В тех местах, где образуются высокие магнитные потенциалы (Рис. 5а), т. е. вблизи полюсов, изменить направление силовых магнитных линий *очень* сложно. Для этого потребовалось бы иметь магнит близкий по величине магнитной индукции (магнитному потенциалу) исходному магниту. Вблизи же зоны магнитного экватора не требуется значительных значений магнитного потенциала, чтобы изменить направление силовых магнитных линий, поскольку в этой зоне магнитный потенциал равен или близок к нулю. Поэтому чтобы добиться изменения направления силовых магнитных линий достаточно иметь магнит с меньшими значениями магнитной индукции, чем у исходного магнита, что и демонстрирует Рисунок 5в.

Теперь вопрос с созданием дополнительного неоднородного постоянного магнитного поля вблизи магнитного экватора Земли совершенно ясен! В случае возникновения грозовой активности (а тем более молний), напряженность электрического поля Земли в этой части резко возрастает и может достигать 10000000 - 100000000 В/м [3]. Резкое увеличение электрической напряженности в таких зонах усиливает и магнитную напряженность (появляется дополнительный магнит и, следовательно, появляется *неоднородность магнит-*

ного поля). Если же присутствует еще и какая-либо *магнитная аномалия* в этом районе, то вероятность формирования явления «торнадо» возрастает многократно. Итак, в случае возникновения грозовой активности и образования в грозовой ячейке огромного количества, положительно заряженных ионов и отрицательных электронов, последние будут перемещаться аналогично электронам, показанных на Рисунке 4, т.е. по *спиралеобразной траектории* по направлению к поверхности Земли, постепенно закручиваясь и ускоряясь тем быстрее, чем ближе суша или водная поверхность.

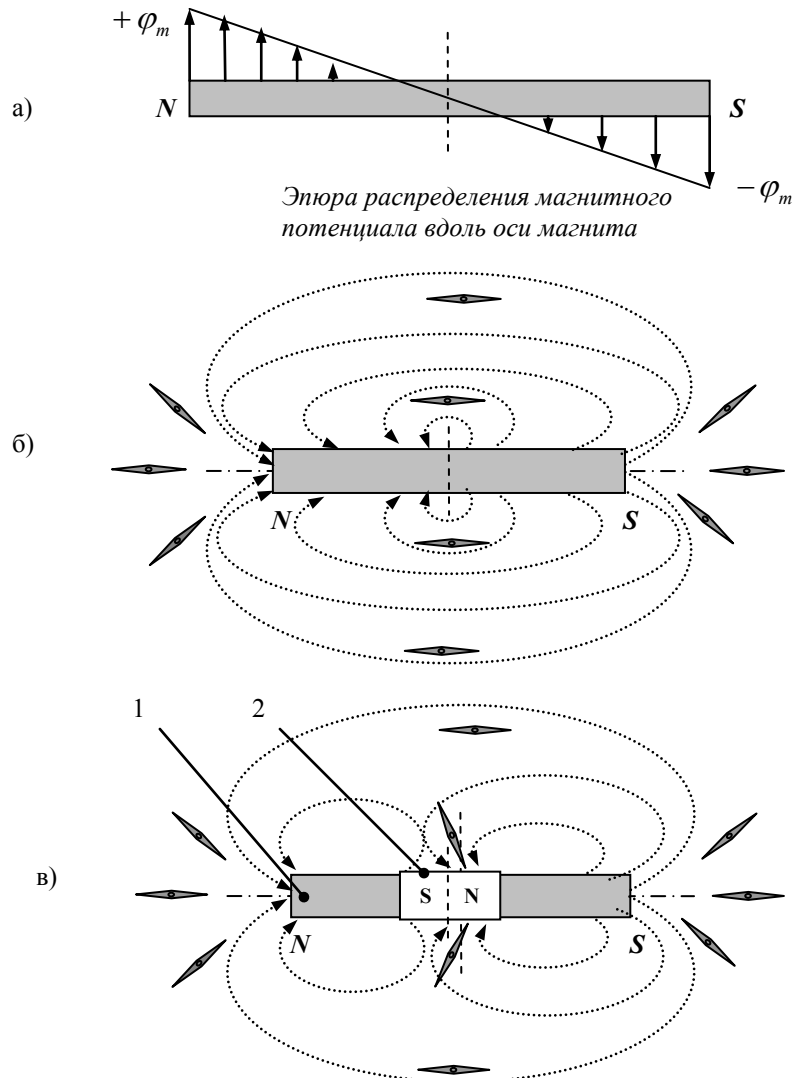


Рис. 5. Распределение магнитного потенциала и магнитные силовые линии постоянного магнита: 1-исходный магнит; 2-дополнительный магнит в зоне магнитного экватора

Когда мы рассматривали грозовую ячейку, то отметили, что в нижней части тучи образуется небольшая зона с положительным зарядом (Рис. 2). Благодаря этому обстоятельству можно ожидать, что помимо основной спирали, будет двигаться и другая спираль, вызванная отрицательными зарядами с поверхности Земли. Таким образом, благодаря образованию *неоднородного магнитного поля* и наличия огромного числа отрицательных электронов в грозовой туче в результате их взаимодействия с магнитным полем Земли сформируется *две спиралеобразные орбиты* заряженных частиц.

Одна из них направлена из верхних слоев атмосферы (грозовой ячейки) к нижней границе грозовой ячейки, постепенно сужая свой диаметр и увеличивая до огромных значений скорость и кинетическую энергию электронов. Другая спираль из движущихся к земной поверхности отрицательных зарядов образуется в нижней части границы грозовой ячейки. Схематично этот процесс может быть представлен так, как это показано на Рис. 6 [4].

Естественно, в описываемом процессе будут участвовать не только потоки электронов или ионов, но и потоки ионизированных молекул воздуха, капель воды, пыли других заряженных микроскопических ионов, которые начнут вовлекаться в общий процесс движения. Именно таким образом формируется *вихревой, «улиткообразный»* или *спиралеобразный* воздушный поток, т.е. возникнет явление «*торнадо*».

Конечно, возможность и условия для формирования торнадо зависят еще от множества факторов (влажности и температуры окружающего воздуха, запыленности (загрязненность атмосферы) и других причин).

Но в первую очередь условием возникновения **торнадо** всегда будут напряженность магнитного поля в данном районе Земли и электрической напряженности в грозовой ячейке.

На фотографии (Рис. 7) показано одновременное действие молнии и торнадо (источник <http://www.trinixy.ru/2007/03/29>).

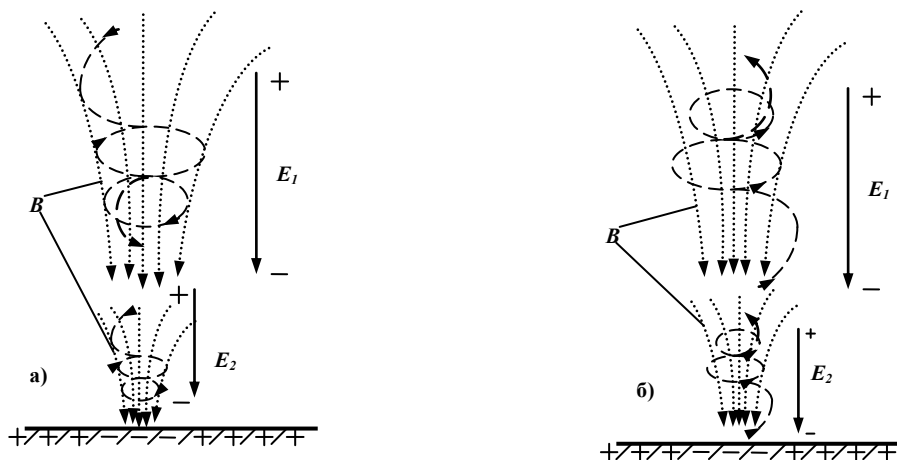


Рис. 6. Образование спиралеобразных траекторий движения заряженных частиц



Рис. 7. Одновременное действие молнии и торнадо

Вот в кратком изложении наше понимание механизма возникновения торнадо. Более подробно о механизме возникновения явления торнадо и мерами борьбы с ними можно ознакомиться в литературе [4].

Список использованной литературы

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1977. Ч. 5. Электричество и магнетизм. 300 с.
2. Грабовский Р. И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1970. С. 615.
3. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. М.: Наука, 1968. С. 939.
4. Торшин В. В. Спиральные образования в природе и электродинамике. М.: Издательство ЦП ВАСИЗДАСТ, 2008. С. 251.

ТРАЕКТОРИИ И ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ В ВОЗДУХЕ

Торшин В. В.

Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова

Интересно, как происходит распределение электрических зарядов в пространстве. В случае возникновения в некоторой области пространства в обычном состоянии нейтральной, электрического заряда (положительной или отрицательной полярности), вблизи этой области одновременно образуется другая область пространства, в которой создается электрический заряд противоположной полярности. В результате такого процесса между зарядами появляется электрическое поле, стремящееся привести обе области пространства в исходное состояние (нейтральное состояние). До тех пор пока это событие не произойдет, между двумя об-