

УДК 551.594:550.371

DOI: 10.36979/1694-500X-2023-23-4-208-217

## МЕХАНИЗМЫ ЗАРЯДКИ ОБЛАКОВ И СОПУТСТВУЮЩИХ ЯВЛЕНИЙ В ЕДИНОМ ГЛОБАЛЬНОМ МАГНИТНОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

*К.Т. Тажигаев, Т.А. Омуркулов*

*Аннотация.* Приводятся разработанные авторами механизмы локальных процессов зарядки облаков и сопутствующих явлений – гроз и разрядов в верхней атмосфере, происходящих в едином глобальном магнитном и электрическом поле Земли. Облако рассматривается в виде неоднородности атмосферы с высокой влажностью и электропроводностью, поэтому электрическое поле частично экранируется в нем. При таком рассмотрении основными силами, разделяющими заряды в облаках, станут силы Лоренца, действующие со стороны магнитного поля Земли. Такая точка зрения не противоречит научным фактам, установленным ранее другими исследователями, а устраняет противоречие между этими фактами, логически увязывая их. Доказано, что спусковым механизмом для разрядов в верхней атмосфере, которые уносят часть положительного заряда верхней части облака, служат только молнии, вносящие в землю часть отрицательного заряда нижней части облака. Кроме этого, достаточно подробно описывается возможный механизм появления эльфов в виде отклика ионосферы на начавшиеся разряды в верхней атмосфере.

*Ключевые слова:* фундаментальная электродинамика; единое глобальное магнитное и электрическое поле Земли; сила Лоренца; локальные магнитные поля; грозы; разряды молний; спрайты; джеты; эльфы; отклик ионосферы.

---

## ЖЕРДИН БИРДИКТҮҮ ГЛОБАЛДЫК МАГНИТ ЖАНА ЭЛЕКТР ТАЛААСЫНДАГЫ БУЛУТТАРДЫ ЗАРЯДДОО МЕХАНИЗМДЕРИ ЖАНА АНЫ КОШТОП ЖҮРҮҮЧҮ КУБУЛУШТАР

*К.Т. Тажигаев, Т.А. Омуркулов*

*Аннотация.* Макалада жердин бирдиктүү глобалдык магнит жана электр талаасында болуп жаткан булуттардын зарядынын жана аны коштоп жүрүүчү кубулуштардын – күн күркүрөшүнүн жана атмосферанын жогорку катмарындагы разряддардын локалдык процесстеринин авторлор тарабынан иштелип чыккан механизмдери көрсөтүлгөн. Булут нымдуулугу жана электр өткөрүмдүүлүгү жогору болгон атмосферанын бир тектүү эместиги катары каралат, ошондуктан анда электр талаасы жарым-жартылай экрандалат. Ушуну эске алганда, булуттагы заряддарды бөлүп турган негизги күчтөр Жердин магнит талаасынан аракет кылган Лоренц күчтөрү болот. Мындай көз караш башка изилдөөчүлөр тарабынан мурда белгиленген илимий фактыларга карама-каршы келбейт, бирок бул фактылардын ортосундагы карама-каршылыкты жок кылат, аларды логикалык жактан байланыштырат. Макалада булуттун үстүңкү бөлүгүндөгү оң заряддын үлүшүн ионосферага алып чыгуучу жогорку атмосферадагы разряддардын жандыруучу механизми катары, булуттун астыңкы бөлүгүндөгү терс заряддын үлүшүн жерге алып кирүүчү чагылгандар гана болуп эсептелет деп аныкталды. Мындан тышкары, атмосферанын жогорку катмарындагы разряддарга ионосфералык жооп түрүндөгү эльфтердин пайда болушунун мүмкүн болуучу механизми жетишерлик кеңири сүрөттөлгөн.

*Түйүндүү сөздөр:* фундаменталдык электродинамика; Жердин бирдиктүү глобалдык магнит жана электр талаасы; Лоренц күчү; жергиликтүү магнит талаалары; күн күркүрөө; чагылган разряддары; спрайттар; джеттер; эльфтер; ионосферанын жообу.

## CHARGING MECHANISMS OF CLOUDS AND ASSOCIATED PHENOMENA IN A SINGLE GLOBAL MAGNETIC AND ELECTRIC FIELD OF THE EARTH

*К.Т. Тажубаев, Т.А. Омуркулов*

**Abstract.** The mechanisms developed by the authors on the basis of the laws and scientific principles of fundamental electrodynamics are presented for the mechanisms of local processes of charging clouds and related phenomena – thunderstorms and discharges in the upper atmosphere occurring in a single global magnetic and electric field of the Earth. The cloud is considered as an inhomogeneity of the atmosphere with high humidity and electrical conductivity, so the electric field in it is partially screened. With this consideration, the main forces that separate the charges in the clouds will be the Lorentz forces acting from the Earth's magnetic field. Such a point of view gives results that are consistent with the scientific facts established earlier by other researchers, and eliminates the contradiction between these facts, logically linking them. The essay claims that the trigger for discharges in the upper atmosphere, which carry away part of the positive charge of the upper part of the cloud, only lightning's serving, bringing into the ground a part of the negative charge of the lower part of the cloud. In addition, a possible mechanism for the appearance of elves is described in sufficient detail, in the form of a response of the ionosphere to the discharges that have begun in the upper atmosphere.

**Keywords:** fundamental electrodynamics; unified global magnetic and electric field of the Earth; Lorentz force; local magnetic fields; lightning discharges; lightning strikes; sprites; jets; elves; response of the ionosphere.

**Введение.** Ранее нами был описан механизм образования глобального магнитного и электрического поля Земли [1]. Из выявленного механизма вытекают объяснения таких научных фактов, как генерация и дальнейшее развитие магнитного поля Земли (МПЗ), а также и электрического поля Земли (ЭПЗ), их единство, дальнейшие изменения и инверсии этих полей. Кроме того, объясняются факты преобладания отрицательного заряда в толще Земли и положительного – в ионосфере. Представленная работа является логическим продолжением вышеупомянутого механизма, так как помимо этого единого глобального поля в атмосфере Земли происходят локальные электромагнитные процессы, связанные с облаками. Это такие явления как зарядка облаков, приводящая к разрядам молний (грозам) и разрядам в верхней атмосфере (далее сокращенно РВА).

Как известно, молния, в сущности, это гигантский электрический искровой разряд в атмосфере, который происходит во время грозы, проявляется яркой вспышкой света и сопровождается громом. Ток молнии обычно достигает до 20 тысяч ампер. Молнии бывают внутри облачков, между облаками и между облаком и землей [2].

В настоящее время, по результатам экспериментальных и инструментальных исследований установлено, что между верхними слоями атмосферы (ионосферой) и земной поверхностью имеется электрическое поле со средней напряженностью  $E$  более 100 В/м, направленное к поверхности Земли. При этом Земля ведет себя как шар с избыточным отрицательным зарядом, а верхние слои атмосферы – (ионосфера) как прослойка с избыточным положительным зарядом [3, с. 174; 4, с. 1]. Кроме этого, исследованиями выяснено, что вопреки законам электростатики, более 70 % гроз, ударяющих в землю, вносят в нее отрицательный заряд. Грозы связаны с кучевыми грозовыми облаками. В облаках, находящихся в атмосфере Земли непрерывно происходит разделение зарядов. При этом, также вопреки законам электростатики, отрицательный заряд располагается в нижней части облаков, а положительный – в верхней. Также имеются научные факты, свидетельствующие о разделении зарядов в кучевых облаках небольшой вертикальной мощности [5, с. 8–13], но до разрядов молний здесь не доходит, видимо по причине недостаточной вертикальной мощности облака.

Научные представления о грозах берут начало со времен М.В. Ломоносова и Г.В. Рихмана, когда они исследовали электрическое поле Земли. В данной области науки дальнейшие исследования принадлежат В. Франклину (1706–1790 гг.), Х.К. Эрстеду (1777–1861 гг.), В.А. Фарадею (1791–1867 гг.), Р.В. Фоксу в 1929 г. Французский физик А.М. Ампер (1775–1836 гг.) совершил ряд открытий в этом направлении [6, с. 101].

За последующий период исследователями получен ряд важных экспериментальных данных и научных фактов подготовки и развития грозовой деятельности в облаках. Эти факты нуждаются во взаимной увязке и теоретическом обосновании. Разряды в верхних слоях атмосферы: стратосфере, мезосфере и термосфере очень слабо изучены. Они подразделяются на спрайты, джеты и эльфы. Окраска и форма этих разрядов зависят от высоты, на которой они происходят. В отличие от наблюдаемых на Земле молний, эти вспышки имеют яркий цвет, обычно красный или синий, и покрывают в верхних слоях атмосферы большие пространства, а иногда простираются до границы с космосом (рисунок 1).

**Эльфы** (*Elves* – сокр. от *Emissions of Light and Very Low Frequency Perturbations from Electromagnetic Pulse Sources*) представляют собой слабосветящиеся вспышки-конусы огромного диаметра до 400 км, которые появляются непосредственно из верхней части грозового облака. Высота эльфов может достигать 100 км, длительность вспышек – до 5 мс (в среднем 3 мс).

**Джеты** представляют собой трубки-конусы синего цвета. Их высота может достигать 40–70 км (нижняя граница ионосферы), продолжительность джетов больше, чем у эльфов.

**Спрайты** трудно различимы, но они появляются почти в любую грозу на высоте от 55 до 130 км (высота образования «обычных» молний не более 16 км). Это некое подобие молнии, бьющей из облака вверх. Впервые это явление было зафиксировано в 1989 году случайно. В настоящее время о физической природе спрайтов известно крайне мало.

**Зеленые призраки** «зеленое свечение от возбужденного кислорода в вершинах спрайтов» (*ghost* – англ. призрак) появляются после вспышки красных спрайтов на несколько секунд как зелёное послесвечение. Открыты они 25 мая 2019 г., хотя известны наблюдения с 2014 г. Явление ещё изучается, предположительная гипотеза возникновения – когда верхушки мощных спрайтов ударяются о слой, где происходит свечение атмосферы на высоте 90 км над поверхностью, атомы кислорода могут на короткое время светиться зелёным цветом [4, с. 36–38; 5, с. 19–20].

В данной работе нами предложены механизмы зарядки облаков под действием глобального МПЗ, разрядов линейных молний и РВА в виде логического продолжения разработанного механизма ЕГМ и ЭПЗ. Здесь не рассматриваются механизмы образования грозовых облаков и причины наличия в них зарядов. Они описаны в работе [5, с. 4–14]. Облака рассматриваются как локальные неоднородности

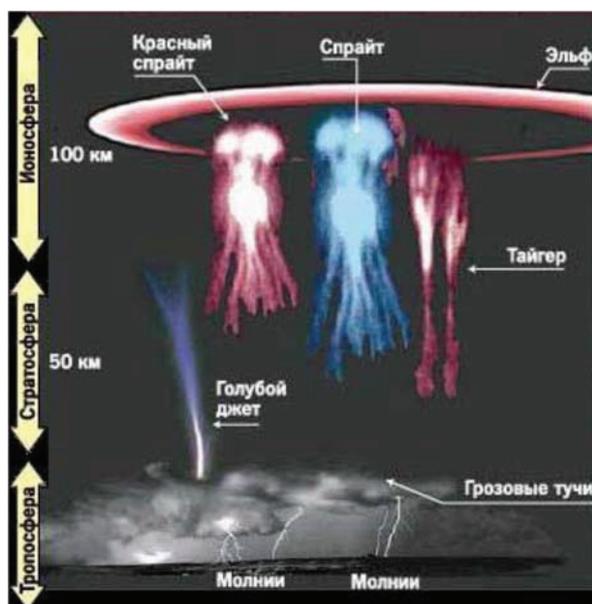


Рисунок 1 – Виды разрядов в атмосфере Земли по [4].

в атмосфере с большей влажностью и электропроводностью, чем атмосферный воздух, поэтому в них частично экранируется электрическое поле. С учетом вращения Земли вокруг собственной оси, следует отметить, что облака вместе с атмосферой движутся с достаточно большой линейной скоростью, достигающей в экваториальной зоне  $v = 464$  м/с, которая постепенно убывает к северу и югу от экватора и на полюсах  $v = 0$ . Именно это движение облаков (электропроводящей среды) в МПЗ приводит к их зарядке, а в мощных грозовых облаках – к грозам и разрядам в верхней атмосфере.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Приведем объяснения локальных процессов зарядки облаков и сопутствующих им электрических разрядов с точки зрения современной теории электромагнетизма.

Механизм разделения зарядов в облаках. В подавляющем большинстве научных источников процессы зарядки облаков и сопутствующие им электрические разряды рассматриваются с точки зрения электростатики и часто вне связи с МПЗ, несмотря на то, что грозовой процесс, начиная с периода подготовки и до полного завершения, является очень динамичным, т. е. электродинамическим процессом, происходящим внутри ЕГМ и ЭПЗ. Если рассматривать грозовые процессы от начала зарядки облаков до их рассеяния с точки зрения фундаментальной электродинамики, то вышеупомянутые научные факты и экспериментальные данные о процессах зарядки облаков и разрядах молний и РВА получают вполне логичное научное обоснование и взаимную увязку. Описание этого теоретического механизма подготовки и возникновения грозовых процессов, касающихся линейных молний и РВА, приводятся ниже. Поскольку Земля вращается вокруг собственной оси, следовательно, все частицы Земли, включая ее атмосферу и облака, обладают линейной скоростью, которая выражается как:

$$v = \omega \cdot r,$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения Земли;  $r$  – расстояние от оси вращения Земли до рассматриваемой точки, которое определяется по формуле:

$$r = R \cos \varphi, \tag{1}$$

где  $R$  – радиус Земли;  $\varphi$  – широта рассматриваемой местности.

Эта скорость достигает в тропосфере экваториальной части Земли значения  $v = 464$  м/с и постепенно убывает к полюсам в зависимости от широты местности (см. формулу (1)). Это движение протекает внутри ЕГМ и ЭПЗ. Здесь вектор индукции  $B$  МПЗ направлен к северу, вектор напряженности  $E$  ЭПЗ – вертикально вниз, а линейная скорость вращения  $v$  – к востоку. На заряженные частицы в атмосфере и в облаках действуют две силы. Силы Лоренца  $F_M$  со стороны МПЗ и, противодействующие им силы со стороны ЭПЗ  $F_E$ , т. е.

$$F_M = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha, \quad F_E = q \cdot E, \tag{2}$$

где  $q$  – заряд частицы;  $\alpha \approx 90^\circ$  – угол между векторами  $v$  и  $B$ .

Облако рассматривается, как было отмечено выше, в виде неоднородности в атмосфере с большей влажностью и электропроводностью, чем окружающий воздух, поэтому в нем ЭПЗ частично экранируется. Следовательно, результирующая этих двух, направленных противоположно сил  $F_R$  будет в пользу силы Лоренца:

$$F_M \gg F_E. \tag{3}$$

$$F_R = F_M - F_E. \tag{4}$$

Отсюда вытекает, что направление силы  $F_R$  будет определяться, также как силы Лоренца, по правилу левой руки. Таким образом, под действием силы  $F_R$  происходят разделения зарядов в облаках (некое подобие эффекта Холла). Применив правило левой руки, убеждаемся, что на положительные ионы действуют силы, направленные к верхней части облака, а на отрицательные ионы

и электроны – к нижней. В этой связи, в верхней части облака постепенно накапливаются положительные заряды, а в нижней – отрицательные (рисунок 2), что соответствует приведенным выше научным фактам. Следует отметить, что разделение зарядов под действием силы FR будет происходить во всех обладающих электропроводностью частях Земли (облака, гидросфера, рудоносные горные породы) [7, с. 133–135]. Эти разделенные в облаке заряды движутся с достаточно высокой линейной скоростью, как отмечено выше, достигающей в экваториальной части значения  $v = 464$  м/с, следовательно, их можно рассматривать в виде токов. Они создают свои локальные магнитные поля. Исходя из этого взаимодействия движущихся зарядов (токов противоположного направления), можно сделать вывод о том, что эти локальные магнитные поля также способствуют процессам взаимного отталкивания этих «токов» и дальнейшего разделения зарядов в облаке. Степень и величина разделения зарядов, кроме величин, входящих в формулу (2), зависят еще от уровня электропроводности и вертикальной мощности облака. Но такое упорядоченное разделение зарядов возможно лишь в облаках, где конвективные и гравитационные перемешивающие потоки практически отсутствуют, т. е. в начальной стадии разделения зарядов в них (рисунок 2). Следует подчеркнуть, что в областях выше и ниже облака диэлектрическая среда (атмосферный воздух), поэтому в этих областях решающую роль играют силы ЭПЗ, т. е.

$$F_E \gg F_M.$$

В реальных «созревших» грозовых облаках конвективные и иные потоки перемешивают разделенные заряды (рисунок 3). Это приводит к затруднениям в объяснении процесса разделения зарядов. Видимо именно по этой причине ряд исследователей ищут иные пути для объяснения этих процессов [4, с. 11–22]. Исходя из законов и положений фундаментальной электродинамики, попытаемся объяснить картину фактического распределения зарядов в «созревшем» грозовом облаке. В «созревшем» плотном грозовом облаке самые крупные капельки (или льдинки) располагаются в центральной части около вертикальной оси облака. Достигнув достаточной массы крупные капельки под действием силы тяжести, уже превосходящей силу FR, начинают падать с вершины облака вниз. Это приводит к переносу и перемешиванию положительных зарядов по центру облака сверху вниз. Такие перемешивания

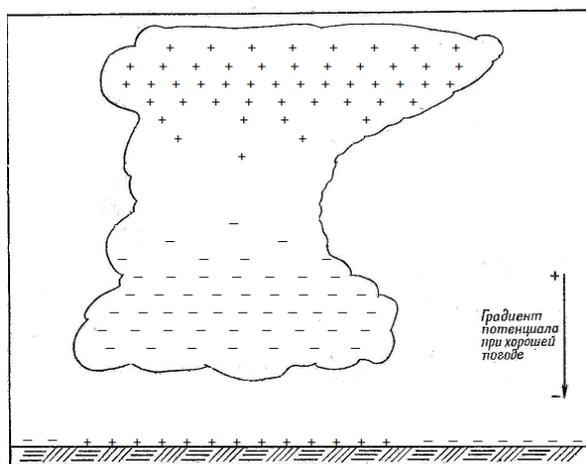


Рисунок 2 – Разделение зарядов в грозовом облаке

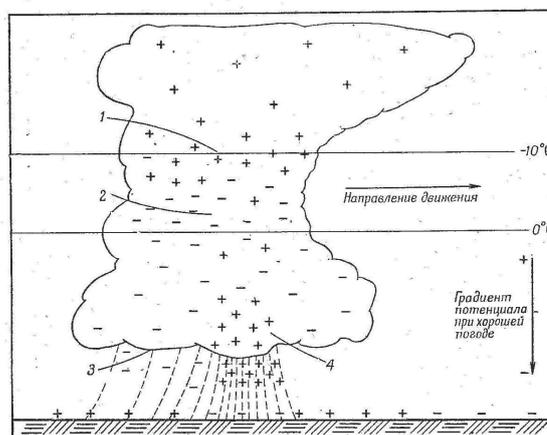


Рисунок 3 – Распределение электричества в созревшей грозовой ячейке по [3]: 1 – центр положительных зарядов; 2 – центр отрицательных зарядов; 3 – область отрицательного дождя; 4 – небольшой центр положительного заряда в области сильного дождя

часто сопровождаются внутри облачными разрядами молний, которые объясняются законами электростатики, как пробой влажного воздуха электрическим полем. В результате такого перемешивания в нижней части облака образуется небольшой центр положительного заряда и область сильного положительного дождя, где возможны молниевые разряды, вносящие в землю положительный заряд. Они тоже объясняются положениями электростатики. Как правило, эти внутри облачные и вносящие в землю положительный заряд разряды молний, не влекут за собой РВА, так как они приводят к разрядке облака и ослаблению напряженности. Таким образом, в разделении зарядов в облаках ключевую роль играют действующие на заряды со стороны МПЗ силы Лоренца  $F_M$ , а прочие силы (конвективные, гравитационные, электрические) приводят к перемешиваниям и аннигиляциям разделенных зарядов. Следует отметить, что в некоторых мощных и сверхмощных грозовых облаках могут иметь место восходящие и нисходящие конвективные потоки, предсказанные Ломоносовым [5, с. 101]. Они также приводят к перемешиваниям разделенных зарядов и увеличению доли внутри облачных молний.

Явления гроз и разрядов в верхней атмосфере. Теперь на основе фундаментальной электродинамики и предложенного механизма генерации ЕГМ и ЭПЗ, дадим объяснение одной из главных компонент гроз – разрядов молний облако-земля, вносящих в землю отрицательный заряд [3, с. 188–198] и связанных с ними РВА [5, с. 20]. До настоящего времени РВА не имеют полного научного объяснения. Рассмотрим эти процессы с учетом вращения Земли (атмосферы и облаков) в магнитосфере с точки зрения электродинамики (электромагнетизма). При таком подходе рассматриваемые процессы, связанные с грозовыми облаками (зарядка облаков, грозы и РВА), становятся составной локальной частью ЕГМ и ЭПЗ, и научно объясняются известными законами и правилами электромагнетизма. Это можно пояснить с использованием рисунка 4 и упомянутых выше научных фактов. Для этого напомним, что во всех частях вращающейся Земли, имеющих электропроводность, в том числе в облаках и в почве, на заряды со стороны МПЗ действуют силы Лоренца, разделяющие заряды. Эта сила смещает свободные заряды: отрицательные – в направлении оси Земли, а положительные – в сторону ионосферы (рисунок 4). В результате этого на неоднородностях (облаках и на поверхности Земли), разделенных прослойками диэлектрической среды (атмосферного воздуха), имеющих электропроводность, появляются слоистые наэлектризованные участки [3, с. 188–189]. Поясним в деталях механизм образования этой слоистой наэлектризованности. Для этого рассмотрим силы, действующие на заряды внутри облака, выше и ниже него, а также под и над ясным безоблачным небом, т. е. в точках со значками: •1, •2, •2\*, •3, •3\*, •4, •4\*, соответственно (рисунок 4). Внутри облака (•1) силы со стороны ЭПЗ и МПЗ, действующие на заряды, имеют противоположные направления. Однако, как было отмечено выше, внутри облака электропроводность достаточна для частичного экранирования электрического поля, кроме того, диэлектрическая проницаемость воды  $\epsilon = 81$ , поэтому здесь превосходят силы  $F_M$  (условие (\*)), которые и разделяют заряды в облаках. На нижнем краю облака (•2), где «созревают» разряды линейных молний облако-земля, силы, действующие на заряды со стороны МПЗ, и силы электрического притяжения, действующие через тропосферу отрицательных зарядов в облаке и наведенных положительных зарядов в почве под облаком (•3), совпадают по направлению, тем самым могут облегчить пробой воздуха молнией. Этим объясняется пробой воздуха молнией при более низких напряжениях электрического поля, чем экспериментально установленных пробойных [2]. В почве под кучевыми и грозовыми облаками (•3), где электропроводность намного выше, как и в предыдущем случае, наблюдается совпадение направлений сил, действующих на заряды, причем на отрицательные заряды действуют силы, направленные вниз по вертикали, а на положительные – вверх. Этим объясняется образование на поверхности земли под облаком участка с положительным зарядом (рисунки 2–4). Отрицательные заряды отступают вглубь почвы под суммарным действием сил МПЗ и электрического поля разделенных отрицательных зарядов нижней части облака. На верхнем краю облака (•2\*), где «созревают» разряды в верхней атмосфере, также совпадают по направлениям сил, действующих на заряды со стороны МПЗ и электрического притяжения, действующих через стратосферу разделенных положительных зарядов верхней части облака и наведенных отрицательных зарядов в ионосфере над

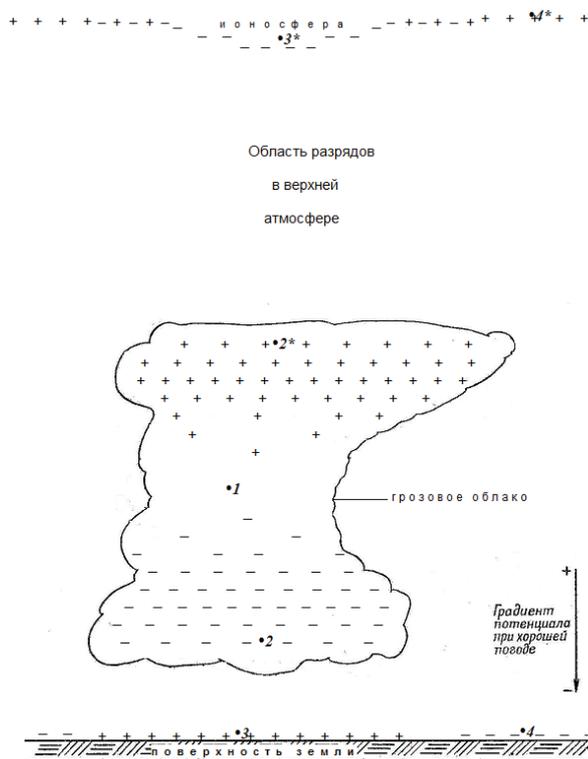


Рисунок 4 – Образование слоистой наэлектризованности в связи с разделением зарядов в грозовом облаке

облаком (\*3\*). И наконец, земная поверхность под ясным безоблачным небом (\*4) имеет отрицательный заряд, т. к. земля содержит в себе избыток отрицательного заряда, а верхние слои атмосферы, т. е. ионосфера над ясной атмосферой (\*4\*) – избыток положительного.

Теперь опишем механизмы процессов молний облако-земля, вносящих в землю отрицательный заряд и связанных с ними РВА. На положительную область верхней части и на отрицательную область нижней части грозового облака действуют следующие силы:

- 1) сила, разделяющая заряды и растягивающая облако по вертикали со стороны МПЗ;
- 2) сила взаимного отталкивания посредством собственных локальных магнитных полей этих областей;
- 3) противодействующая силам МПЗ, частично экранированная, сила со стороны ЭПЗ;
- 4) взаимно удерживающая сила притяжения посредством собственных, частично экранированных локальных электрических полей этих областей;
- 5) сила притяжения, действующая на нижнюю часть облака с отрицательным зарядом со стороны наведенных положительных зарядов в почве под облаком;
- 6) сила притяжения, действующая на верхнюю часть облака с положительным зарядом со стороны наведенных отрицательных зарядов в нижней части ионосферы над облаком.

Следует отметить, что первые две силы суммируются и растягивают облако по вертикали, непрерывно пополняя разделенные заряды и противодействуя удерживающим силам – 3 и 4. Кроме того, последние две силы – 5 и 6, также способствуют первым двум. В конечном счете, равновесие сил нарушается и срабатывает пуск молнии облако-земля, вносящей часть отрицательного заряда нижней

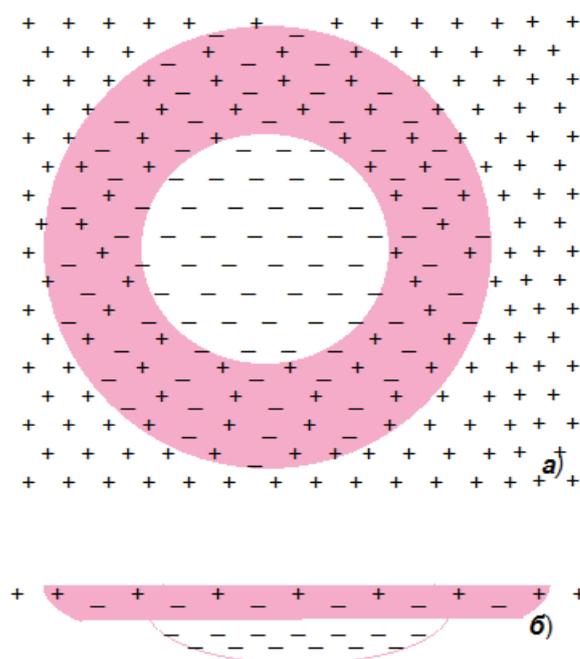


Рисунок 5 – Вид эльфов:  
а – снизу, б – сбоку

части облака в землю. Вследствие этого, в этот момент скачкообразно ослабевает 4-я удерживающая сила, что способствует уходу соответствующей части положительного заряда верхней части облака, под натиском сил 1 и 6 к ионосфере посредством РВА. Под усилением, разделяющих заряды действий первых двух сил, убывшие заряды быстро пополняются и «грозовая машина» облака продолжает повторять процесс, пока его плотность и вертикальная мощность позволяют, то есть пока грозовое облако не начнет рассеиваться.

Из упомянутых выше разрядов более или менее изученными являются линейные молнии. Они исследуются со времен Ломоносова и Рихмана. РВА обнаружены позже, после второй половины XX века, поэтому практически еще не изучены [2]. Опираясь на теорию фундаментального электромагнетизма, мы попытаемся объяснить кое-что из научных фактов, выявленных до настоящего времени по поводу РВА (рисунок 5). Однозначно можем утверждать, что посредством РВА уносится некоторая доля положительного заряда верхней части облака к ионосфере. Каким типом разряда (джетами, спрайтами и т. п.) свершится этот разряд, зависит от физических параметров и состояния атмосферы над облаком.

Подробнее опишем образование так называемых эльфов, видимых в нижней части ионосферы над грозвым облаком во время РВА. Для наглядности покажем отдельно вид эльфов в двух ракурсах – снизу и сбоку (рисунок 5). Здесь в нижней части ионосферы над грозвым облаком происходит нечто подобное тому, что происходит в почве под облаком, с зеркально противоположными зарядами. Вне красной зоны эльфов невозмущенная ионосфера содержит избыток положительного заряда (положительные ионы), а в красной кольцеобразной частично возмущенной зоне – смешанные заряды (положительные и отрицательные ионы и электроны). Здесь происходит интенсивная рекомбинация ионов, поэтому возникает свечение. Центральная, надоблачная, свисающая в виде сегмента шара, возмущенная зона ионосферы содержит избыток отрицательного заряда (отрицательные ионы и электроны), поэтому здесь интенсивной рекомбинации не происходит, следовательно, свечение отсутствует.

Эльфы образуются под действием электрического поля поднимающихся положительных зарядов, содержащихся в начавшихся РВА, и их следует рассматривать как отклик ионосферы на начавшиеся РВА.

Необычные грозы. В группу необычных гроз авторы включили грозы над действующими вулканами [8] и грозы вне сезона, т. е. зимние грозы. Из изложенного выше следует, что практически во всех облаках под действием силы Лоренца со стороны МПЗ происходят разделения зарядов. Однако для начала грозовых процессов в облаках необходимо наличие ряда условий:

- во-первых, необходима достаточная вертикальная мощность, соответствующая грозовым облакам;
- во-вторых, необходима достаточная электропроводность, т. е. достаточная плотность и влагосодержание;
- в-третьих, необходимо преобладание водяных капелек над ледяными частицами, т. к. диэлектрическая проницаемость воды  $\epsilon = 81$  тоже имеет значение.

В вулканических облаках (рисунок 6) все три упомянутые выше условия выполняются, и кроме того, эти облака насыщены газопылевыми примесями, а водяные капельки в них в буквальном смысле являются растворами различных веществ. Эти обстоятельства в разы повышают электропроводность вулканических облаков по сравнению с обычными облаками, а это, в свою очередь, повышает их грозовую активность. Дополнительно отметим, что вулканические грозы не зависят от времени года, т. к. вулканического тепла достаточно для выполнения приведенных выше условий.

Прежде чем сосредоточиться на довольно редких зимних грозах, ответим на вопрос: по какой причине в зимнее время грозы прекращаются? Главной причиной прекращения грозовой активности в зимнее время является отсутствие одного, двух или всех трех упомянутых выше условий в зимних облаках, т. к. температура воздуха отрицательная (ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Теперь объясним, отчего изредка гремят грозы зимой. Главной и единственной причиной зимних гроз является прорывное поступление теплых течений из тропических зон Земли в более высокие широты, что способствует выполнению упомянутых выше условий в зимнее время.

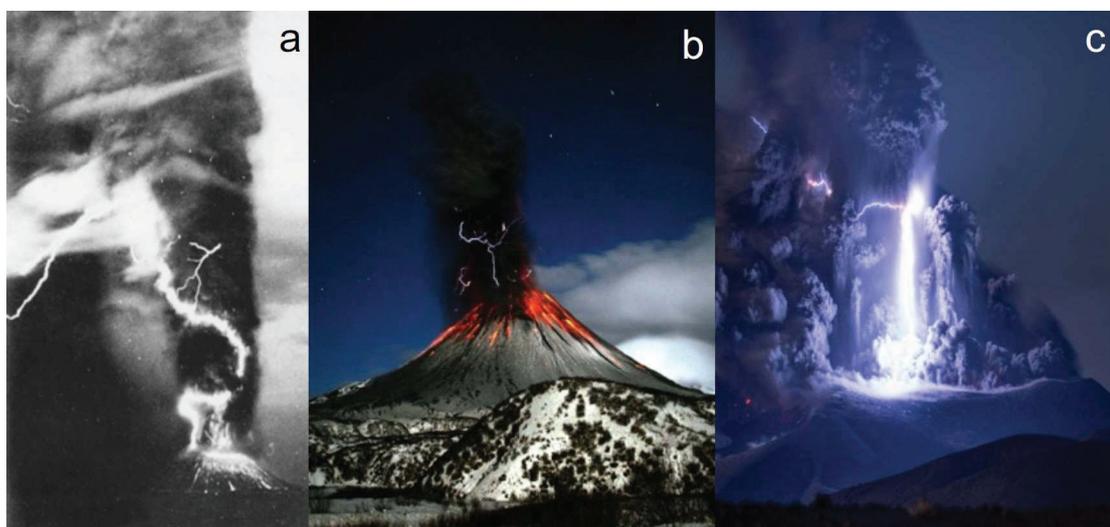


Рисунок 6 – Молния в вулканических извержениях на Камчатке по [8]:  
а – извержение вулкана Толбачик (Н. Подклетнов, Е. Мархинин, 1981 г.);  
б – вулкан Карымский, 2007 г. (фото: В. Юдин); с – вулкан Эбеко 2019 г. (фото: M. Rietze)

Следует подчеркнуть, что все электромагнитные процессы, происходящие в обычных грозах, также присущи и необычным, вулканическим и зимним грозам.

**Изменения грозовой активности Земли.** Из механизма генерации и развития ЕГМ и ЭПЗ также следует, что в настоящее время на поверхности Земли и околоземном пространстве наблюдается предшествующий инверсии спад МПЗ [1]. Возникает вопрос, какие изменения при этом ожидают грозовую деятельность Земли? Поскольку главной причиной грозовой деятельности является процесс разделения зарядов в облаках, а разделение, по нашему мнению, возможно лишь при наличии магнитного поля, то вслед за спадом МПЗ последует и спад грозовой активности в атмосфере Земли. И в переходный инверсионный период, когда в околоземном пространстве значение МПЗ упадет до близких к нулю значений, грозовая деятельность, происходящая под действием МПЗ на Земле, также должна прекратиться. После инверсии на поверхности Земли и околоземном пространстве МПЗ сменит направление на противоположное и начнет постепенно расти. Грозовая деятельность также будет расти. Процесс разделения зарядов в облаках также подвергнется инверсии, так как сила Лоренца сменит направление на 180°. Разделение зарядов в облаках становится зеркально противоположным, и большинство гроз облако-земля будут вносить в землю положительный заряд, а разрядами в верхней атмосфере отрицательный заряд верхней части грозового облака будет уноситься к уже отрицательной ионосфере. Можно утверждать, что грозовая деятельность Земли тоже циклический процесс, так как является локальной частью глобального циклического процесса ЕГМ и ЭПЗ.

**Выводы.** На основе анализа и теоретических исследований электромагнитных процессов в облаках выявлен механизм их зарядки и разрядов в атмосфере. Данный механизм, при рассмотрении этих процессов с точки зрения электродинамики (а не электростатики), опираясь на фундаментальные законы электромагнетизма, позволяет объяснить процесс разделения зарядов в облаках и взаимно увязывает основные научные факты природы гроз и разрядов в верхней атмосфере, полученные исследователями всего мира за предыдущий период. Данная точка зрения показывает, что никакие другие силы (гравитационные, конвективные, электрические и прочие), кроме сил Лоренца, не способны привести к такому стройному разделению зарядов в облаках и переносу зарядов – отрицательного в землю разрядами молний, а положительного – в ионосферу разрядами в верхней атмосфере. Эти разряды рассматриваются не как обособленный процесс, а как неотъемлемая часть единого глобального электромагнитного процесса Земли, связанного с локальными неоднородностями в атмосфере (облаками). Отмечены возможные причины вулканических и редких зимних гроз. Кроме этого, обоснована возможная циклическость изменений грозовой деятельности Земли в перспективе.

Поступила: 13.10.22; рецензирована: 27.10.22; принята: 31.10.22.

#### *Литература*

1. *Тажибаев К.Т.* Механизм генерации единого глобального магнитного и электрического поля Земли / К.Т. Тажибаев, Т.А. Омуркулов // Вестник КРСУ. 2022. Том 22. № 8. С. 8–19.
2. Молния. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 21.10.2022).
3. *Фейнман Р.* Фейнмановские лекции по физике. Ч. 5 / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс // Электричество и магнетизм; пер. с англ. М.: Мир, 1977. 300 с.
4. *Кузнецов В.В.* Физика Земли: электронный учебник. Гл. 20. Атмосферное электричество / В.В. Кузнецов. Новосибирск, 2011. 55 с.
5. *Ермаков В.И.* Физика грозовых облаков / В.И. Ермаков, Ю.И. Стожков. М.: Физич. ин-т им. Лебедева РАН. 39 с.
6. *Филиппов Е. М.* Популярно о геофизике / Е.М. Филиппов. Киев: Наук. думка, 1989. 164 с.
7. *Кузнецов О.Л.* Введение в геофизику / О.Л. Кузнецов, С.В. Каляшин. М.: РАЕН, Ун-т «Дубна». – Дубна, 2011. – 273 с.
8. Вулканические грозы. URL: <https://www.hse.ru/news/552107248.html> (дата обращения: 13.11.2022).