

# АТМОСФЭРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Авторы: В. М. Березин

АТМОСФЭРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, 1) совокупность электрич. явлений и процессов в *атмосфере*; 2) раздел физики атмосферы, изучающий электрич. явления в атмосфере и её электрич. свойства; в А. э. исследуются электрич. поле в атмосфере, её проводимость, электрич. токи и объёмные заряды в ней, заряды облаков и осадков, грозовые разряды и др. А. э. влияет на органич. жизнь на Земле и её экологию.

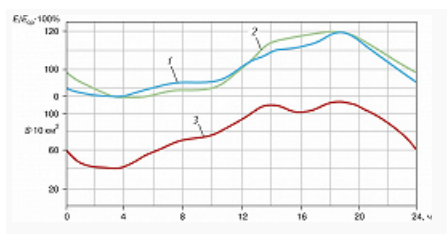
Наука об А. э. зародилась в 18 в. Начало было положено амер. учёным Б. *Франклином*, экспериментально доказавшим электрич. природу молнии, и М. В. *Ломоносовым*, объяснившим электризацию грозовых облаков.

А. э. тесно связано с метеорологич. факторами – облаками, осадками, метелями, пыльными бурями и др. К области А. э. относят процессы, происходящие в тропосфере и стратосфере, и их зависимость от локальных и глобальных факторов. Территории, где отсутствуют скопления аэрозолей и др. источники сильной ионизации, рассматриваются как зоны «хорошей» погоды с преобладанием глобальных факторов. В зонах «нарушенной» погоды преобладают локальные метеорологич. факторы.

## Электрическое поле атмосферы

В тропосфере все облака и осадки, туманы, пыль обычно электрически заряжены. В чистой атмосфере постоянно существует электрич. поле, напряжённость которого  $E$  направлена сверху вниз. Это направление  $E$  принято считать нормальным, а вертикальный градиент электрич. потенциала – положительным. У земной поверхности существует стационарное электрич. поле с  $E$ , в среднем равной ок. 130 В/м. Земля имеет отрицат. заряд, равный ок.  $3 \cdot 10^5$  Кл, а атмосфера в целом заряжена положительно. При грозах, осадках, пыльных бурях, метелях и др. напряжённость  $E$  может резко менять направление и значение, достигая иногда 1000 В/м. Наибольшую величину  $E$  имеет в средних широтах, а к полюсу и экватору убывает. Над материками  $E$  несколько выше ср. значения, а над океанами несколько ниже. С высотой  $E$  в целом уменьшается. В слое перемешивания (300–3000 м), где скапливаются аэрозоли,  $E$  может возрасти с высотой, выше этого слоя убывает по экспоненциальному закону.

На высоте 10 км  $E$  не превышает нескольких В/м. Это убывание  $E$  связано с наличием в атмосфере положит. объёмных зарядов, плотность которых уменьшается с высотой. Изменение величины объёмного заряда атмосферы по высоте значительно влияет на существование глобальных вариаций  $E$ . Разность потенциалов между Землёй и ионосферой составляет 200–250 кВ.



Напряжённость электрич. поля  $E$  меняется во времени и имеет суточный и годовой ход. Отмечаются синхронные для всех пунктов суточные (рис., кривые 1 и 2) и годовые вариации  $E$  – т. н. унитарные вариации. Их суточный ход над полярными областями и океанами имеет вид простой волны, над континентами – вид сложной волны с двумя максимумами.

Суточный ход унитарной вариации напряжённости  $E$  электрического поля атмосферы ( $E_{ср}$  – среднее значение напряжённости): 1 – над океанами; 2 – в полярных областях. 3 – Изменение площади  $S$ , занятой грозам...

Градиент электрич. поля атмосферы для умеренных широт Сев. полушария наибольший зимой и наименьший в начале лета. Унитарные вариации связаны с изменением электрич. заряда Земли в целом, локальные – с изменениями величины и распределения по высоте объёмных электрич. зарядов в атмосфере в данном регионе. Величина градиента электрич. поля атмосферы зависит от колебаний между максимумом и минимумом [солнечной активности](#).

## Электрическая проводимость атмосферы

Электрич. состояние атмосферы в значительной степени определяется её электрич. проводимостью  $\lambda$ , которая создаётся ионами, находящимися в атмосфере. Концентрация и подвижность ионов в атмосфере определяет значение  $\lambda$ . Основной вклад в  $\lambda$  вносят лёгкие ионы, подвижность которых  $u > 10^{-5} \text{ м}^2/(\text{с}\cdot\text{В})$ . У поверхности Земли в среднем  $\lambda = (1-2) \cdot 10^{-18} (\text{Ом}\cdot\text{м})^{-1}$  и увеличивается с высотой примерно по экспоненциальному закону. На высоте ок. 30 км  $\lambda$  почти в 150 раз больше, чем у земной поверхности.

Основные ионизаторы атмосферы: 1) космич. лучи, действующие во всей толще атмосферы; 2) излучение радиоактивных веществ, находящихся в земле и воздухе; 3) ультрафиолетовое, корпускулярное и рентгеновское излучения Солнца, ионизирующее действие которых заметно проявляется на высотах более 60 км.

Концентрация лёгких ионов растёт с высотой вследствие увеличения интенсивности ионизации, что в сочетании с нарастанием подвижности ионов при уменьшении плотности воздуха объясняет характер изменения  $\lambda$  и  $E$  с высотой.

## Электрический ток и объёмный заряд в атмосфере

В условиях «хорошей» погоды в атмосфере течёт вертикальный электрич. ток, представляющий собой сумму токов проводимости, диффузии и конвекции. На Землю непрерывно стекает электрич. ток силой ок. 1800 А. Поскольку заряд Земли в среднем не меняется, существуют, очевидно, «генераторы» А. э., заряжающие Землю. Такими «генераторами» являются пыльные бури, извержения вулканов, метели, разбрызгивание капель воды прибоем и водопадами, пар и дым пром. источников. Электризация, проявляющаяся при перечисленных явлениях, может привести к образованию [молний](#). Наибольший вклад в электризацию атмосферы вносят облака и осадки. Электризация облака увеличивается с укрупнением его частиц, увеличением толщины, усилением осадков. В слоистых и слоисто-кучевых облаках плотность объёмных зарядов в 10 раз превышает их плотность в чистой атмосфере. Облака заряжены положительно в верхней части и отрицательно в нижней, но могут иметь и противоположную полярность или иметь заряд преимущественно одного знака.

На плотность объёмных зарядов влияет турбулентность атмосферы. Плотность токов осадков, выпадающих на Землю из слоисто-кучевых облаков, порядка  $10^{-12} \text{ А/м}^2$ , из грозовых облаков – порядка  $10^{-8} \text{ А/м}^2$ . Полная сила тока, текущего на Землю от грозового облака в средних широтах, ок. 0,01–0,1 А, ближе к экватору – до 0,5–1,0 А. Сила токов, текущих в самих этих облаках, в 10–100 раз больше токов, притекающих к Земле, т. е. гроза в электрич. отношении подобна короткозамкнутому генератору. На земном шаре одновременно происходят ок. 1800 гроз (рис., кривая 3). Облака слоистых форм, покрывающие ок. половины земной поверхности, также вносят существенный вклад в электрич. поле Земли.

Исследования А. э. позволяют выяснить природу процессов электризации грозных облаков и его роль в образовании облаков и осадков. В числе прикладных задач – снижение электризации самолётов с целью повышения безопасности полётов, учёт А. э. при запуске ракет, оценка его влияния на здоровье человека. Некоторые характеристики А. э. могут служить индикаторами антропогенного воздействия на атмосферу.

## Литература

Лит.: Френкель Я. И. Теория явлений атмосферного электричества. Л.; М., 1949; Имянитов И. М., Чубарина Е. В. Электричество свободной атмосферы. Л., 1965; Чалмерс Дж. А. Атмосферное электричество. Л., 1974.

Processing math: 0%