



## УЕ 1.9 Электрические явления в атмосфере

Рассматриваемые вопросы:

*Понятие об атмосферном электричестве. Ионы в атмосфере. Электрическое поле атмосферы. Грозовые разряды и молнии. Суточный и годовой ход гроз. Полярные сияния.*

При исследовании атмосферного электричества изучают ионизационное состояние атмосферы и ее электропроводность, электрическое поле в атмосфере, электрические токи в ней, объемные заряды атмосферы, электризацию облаков и осадков, грозовые разряды и их радиоизлучение и др. На развитие явлений атмосферного электричества оказывают влияние различные метеорологические условия. В свою очередь электрические характеристики состояния атмосферы могут в отдельных случаях влиять на развитие некоторых метеорологических процессов и должны быть учтены в практической деятельности.

Данные об атмосферном электричестве используются в различных областях науки и техники: в авиации, медицине, геофизике; при проектировании и эксплуатации линий электропередачи, при изучении электрических разрядов в облаках и др.

*Ионы в атмосфере.* В атмосфере часть молекул атмосферных газов и частицы атмосферных аэрозолей несут электрические заряды. Эти зараженные частички называются *ионами*. Молекулы воздуха заряжаются вследствие потери электрона или присоединения свободного электрона, которые в свою очередь присоединяются к другим молекулам, и происходит разделение зарядов. Так происходит образование легких ионов. Заряженные молекулы могут присоединяться к ядрам конденсации или пылинкам и возникают более крупные тяжелые ионы, с массами в тысячи раз больше, чем у легких ионов.



Содержание тяжелых ионов в атмосфере в тысячи раз больше, чем легких. С высотой содержание ионов увеличивается, и максимальная концентрация наблюдается на высотах 80-100 км – в ионосфере. Причем на высотах преобладают легкие, а тяжелые не обнаруживаются выше слоя трения. Ионы, как и другие частицы в атмосфере постоянно перемещаются, и благодаря этому атмосфере обладает электропроводностью, в нижних слоях – малой, в высоких – значительной. Ионизаторами атмосферы являются: излучение радиоактивных веществ, космические лучи, излучения Солнца, грозовые разряды, термические ионизаторы (вулканы, лесные пожары и др.), гидроионизаторы (водопады, морские прибои).

*Электрическое поле атмосферы.* Электрические разряды, постоянно перемещающиеся в атмосфере и на Земле, создают электрическое поле. В целом Земля заряжена отрицательно, а атмосфера положительно. Перенос электричества должен происходить от положительно заряженной атмосферы к отрицательно заряженной земной поверхности. Но этого не происходит, по – видимому из-за гроз. В грозовых облаках происходит сильная электризация облачных элементов и разделение положительных и отрицательных зарядов по отдельным частям облака. Вследствие этого в облаках, а также между облаками и землей возникают огромные разности потенциалов и возникают искровые электрические заряды – молнии.

*Грозовые разряды и молнии.* Образование больших объемных зарядов внутри облака и вследствие этого наведение на земной поверхности под облаком заряда противоположного знака приводит к созданию сильных электрических полей как внутри облака, так и между облаком и землей. Напряженность поля в облаке тем больше, чем больше эти заряды и чем меньше расстояние между ними.

В грозовых облаках и в окружающем их пространстве напряженность поля достигает нескольких тысяч В/м, а внутри активной части грозовых облаков в среднем  $(1-2) \cdot 10^5$  В/м. В некоторых частях она может достигать



$(1-3) \cdot 10^6$  В/м. Увеличение напряженности до такой величины приводит к возникновению электрических разрядов с капелек и снежинок, появлению проводящей области и распространению ее вдоль линий поля. При определенных условиях развитие такой области приводит к появлению гигантской электрической искры либо между отдельными частями облака, либо между облаком и поверхностью земли (находящимися на ней предметами).

Следует подчеркнуть, что молнии, т. е. электрические разряды в облаках или между облаками и землей, могут возникать только в достаточно мощных облаках (не менее 4-5 км).

По внешнему виду различают линейные, плоские, неточные и шаровые молнии.

Чаще всего наблюдается *линейная молния* с ее многочисленными разновидностями, представляющая собой гигантскую искру, иногда сильно разветвленную. Длина линейной молнии обычно составляет 2-3 км, а иногда при разряде между облаками может достигать и 15-20 км. Линейная молния чаще всего состоит из нескольких разрядов (импульсов), следующих друг за другом через промежутки в несколько сотых долей секунды. Общая продолжительность молнии не превышает десятых долей секунды. Число разрядов чаще всего равно 1-5, однако иногда достигает 10-20. Каждый разряд в свою очередь состоит из предварительного, относительно более слабого разряда - лидера, который обычно идет от облака к земле, и обратного - главного разряда, распространяющегося в обратном направлении с большой скоростью и более сильного.

Лидер - это начальный процесс развития молнии, ее «подготовительная» часть. Роль лидера состоит в том, что, продвигаясь от облака, он ионизирует воздух тем самым постепенно пробивает путь к земной поверхности.

*Плоская молния* представляет собой нелинейный электрический разряд



внутри облака, состоящий, по-видимому, из тихих светящихся разрядов.

Этот вид молнии следует отличать от освещения отдельных облаков удаленной линейной молнией, когда из-за большого расстояния (более 15-20 км) гром уже не слышен. Такое явление называют *зарницей*.

*Четочная молния* - очень редкий вид молнии, состоящей из отдельных светящихся шаров диаметром в несколько сантиметров, располагающихся вдоль кривой по пути разряда, прошедшего перед ее появлением.

*Шаровая молния* наблюдается чаще, чем четочная, но наблюдения за ней носят случайный и в основном качественный характер. Она появляется обычно после сильного разряда линейной молнии и имеет вид светящегося шара, иногда вытянутого в виде груши.

Продолжительность существования шаровой молнии колеблется от небольшой доли секунды до нескольких минут. Цвет шара обычно ослепительно белый, иногда с красноватым оттенком. Перемещаясь со скоростью 2 м/с, шаровая молния издает свистящий или шипящий звук, а исчезает она или незаметно, со слабым треском, или с оглушительным взрывом, оставляя при этом остро пахнущую дымку.

Иногда шаровая молния может быть причиной пожара или, взрываясь может причинить разрушения.

*Методы грозозащиты.* Попадая на землю, молния способна производить большие разрушения, жертвой ее может стать и человек. Поэтому очень важно разработать практические меры защиты от ударов молнии, для чего необходимо было изучить условия, благоприятствующие поражению молнией того или иного участка земли.

Когда ступенчатый лидер находится достаточно близко у земной поверхности, напряженность электрического поля в районе лидера становится очень высокой. На земной поверхности возникают встречные разряды, один из которых перехватывает лидер, после чего происходит возвратный удар.

Как правило, молнии ударяют в наиболее высокие предметы, так как



над ними наблюдается большая напряженность электрического поля. По мере приближения к земной поверхности на молнию все большее влияние оказывает строение земной коры и ее электрические свойства. Часто молния поражает и низины. Наблюдаются места, особенно часто поражаемые молнией, например, слои, пропитанные грунтовыми водами, или участки контактов разных геологических пород, где имеет место большая электропроводность почвы.

На практике используются в основном методы грозозащиты, которые сводятся к тому, чтобы перехватить грозовой разряд и увести его в землю по заранее подготовленному безопасному пути. К ним относится применение различных систем молниеотводов: стержневых и антенных.

*Суточный и годовой ход гроз.* Над континентами максимум гроз приходится на послеполуденные часы, а над морями - на ночь. Это относится к грозам внутримассовым, т. е. грозам тепловой конвекции. Фронтальные грозы не зависят от времени суток, но и их повторяемость несколько возрастает в часы усиленной конвекции, т. е. после полудня над сушей и ночью над морями и океанами.

В годовом ходе над материками максимум гроз наблюдается летом, в июне и июле. На морях, а также на островах и побережьях северной части Атлантического океана преобладают зимние грозы. В тропиках и субтропиках развитие грозовой деятельности тесно связано с периодом дождей. В некоторых местностях вблизи экватора осадки вообще выпадают каждый день и сопровождаются грозами.

*Полярное сияние* - одно из самых красивых атмосферных явлений - представляет собой свечение воздуха в верхних слоях атмосферы. Многолетние наблюдения полярных сияний позволили довольно подробно описать их видимые формы, особенности и характеристики. Существенно расширились знания о полярных сияниях с появлением и развитием науки об околоземном космическом пространстве - аэрномии. Большое значение



имеет международное сотрудничество, позволяющее наблюдать и изучать полярные сияния в масштабах всего земного шара. В связи с запусками пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций появилась возможность наблюдать полярные сияния сверху. Данные этих наблюдений подтвердили многие теоретические положения и значительно расширили наши представления о полярных сияниях.

Форма и окраска полярных сияний разнообразны. Яркость свечения может быть тусклой (более слабой, чем свечение Млечного пути) и яркой (заметной даже при заходящем солнце).

Высота изменяется от 80 до 1200 км. Чем интенсивнее сияние, тем ниже расположено его основание.

Полярные сияния бывают бесцветные, белесоватые и окрашенные. Наиболее распространенными являются желто-зеленые и красные цвета, иногда появляются голубые и фиолетовые. Внешний вид сияния, его окраска, яркость и положение на небосводе быстро изменяются.

Явление полярных сияний представляет собой свечение разреженной атмосферы на высотах 100-1000 км. Возникают полярные сияния при вторжении в атмосферу из космоса потоков быстрых электрически заряженных частиц - электронов и протонов с энергиями от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч электронвольт. Захваченные магнитным полем Земли электроны и протоны движутся по спиралевидным траекториям вдоль силовых линий геомагнитного поля из полярных областей одного полушария в полярную область другого и обратно. На концах силовых линий они подходят близко к Земле и попадают в такие слои атмосферы, где сталкиваются с частичками воздуха (атомами и молекулами азота и кислорода), ионизируют их и вызывают свечение характерных для них длин волн. Это происходит одновременно в двух магнитно-сопряженных точках земной поверхности. Поэтому в полярных областях северного и южного полушарий полярные сияния носят регулярный характер. Так возникают



обычные дискретные формы сияний.

В геомагнитное поле попадают электроны и протоны солнечного происхождения (солнечный ветер). Конфигурация поля такова, что при определенных условиях в земную атмосферу могут попадать частички и из других областей космического пространства. Так, на дневной стороне северной и южной полярных шапок Земли расходящиеся силовые линии геомагнитного поля образуют две воронкообразные области, так называемые каспы, внутри которых поле ослаблено. Через них потоки частиц солнечного ветра сравнительно легко могут проникать в верхнюю атмосферу и вызывать там свечение.

После сильной хромосферной вспышки на Солнце в околополюсной области Земли (выше  $67^\circ$  магнитной широты) в атмосферу проникают протоны и электроны солнечного ветра и вызывают свечение типа полярной шапки. Максимальная частота их появления отмечается на широте около  $80^\circ$  и на высотах 150-160 км. Эти сияния, как и дневные, связаны с изменением солнечной активности.

При сильных магнитных бурях (возмущениях магнитного поля Земли) «высыпание» частиц происходит в средних широтах и очень редко в низких. Таким образом, пространственно-временное распределение полярных сияний, их интенсивность, форма и окраска зависят от активности Солнца, от состояния геомагнитного поля и от плотности и состава высоких слоев атмосферы.

Изучение спектров полярных сияний позволяет судить о составе и температуре воздуха на этих высотах, а также о процессах, происходящих в околоземном космическом пространстве и вызывающих эти сияния. Исследованиям полярных сияний придается большое значение, так как они являются надежным и уникальным средством определения областей вторжения в атмосферу потоков энергичных частиц из космоса (иногда в масштабах всей планеты), кроме того они отражают состояние околоземного пространства.