Доклады Академии Наук СССР
1954. Том XCIX, № 4

ГЕОФИЗИКА

В. М. МУЧНИК

ЦЕПНОЙ ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ ЗАРЯДОВ В ГРОЗОВЫХ ОБЛАКАХ

(Представлено академиком Г. А. Гамбурцевым 14 VII 1954)

Нами было показано ([1–3]), что при разрушении капель воды в электрическом поле происходит разделение зарядов, индуцированных на каплях. Так как разноименные заряды образуются на частицах, имеющих значительно отличающуюся скорость падения, то в поле тяжести наблюдается дальнейшее их разделение. При наличии восходящих токов может произойти образование отдельных заряженных областей, поскольку частицы разных размеров распределяются на различных высотах, в зависимости от распределения скоростей восходящих токов с высотой ([4]).

Рассмотрим случай спонтанного разрушения капель в электрическом поле. Если поле будет иметь, например, нормальное направление, то при разрушении капель на капельках образуются положительные заряды, а на водяной пыли — отрицательные ([2,3]). Пусть распределение восходящих токов будет таким, что скорость под уровнем изотермы 0° будет порядка 4—5 м/сек. Тогда капельки диаметром в 0,1 см и меньше, скорость падения которых не превышает 5 м/сек, распределяется под уровнем изотермы, создавая некоторую жидко-капельную область. Отрицательно заряженная водяная пыль будет унесена вверх вместе с восходящими токами. Скорость разделения зарядов будет в этом случае порядка скорости восходящих токов.

Положительно заряженные капельки жидко-капельной области усилят первоначальное поле, так как поле жидко-капельной области между уровнем изотермы 0° и поверхностью земли имеет то же направление, что и начальное поле. Последующие акты разрушения капель будут происходить в более сильном поле. При этом образуются большие заряды, которые, будучи перенесены в жидко-капельную область, увеличат ее заряд, а следовательно, и поле под ней. Таким образом, процесс накопления зарядов в облаке должен идти со все более возрастающей скоростью, поддерживая сам себя, т. е. по типу цепного процесса.

Предпримем теперь попытку приближенно представить процесс накопления зарядов в грозовых облаках.

Большие капли, вне зависимости от причин их образования, будут разрушаться под уровнем изотермы 0°, так как нет никаких оснований предполагать, что большие капли могут образоваться выше этого уровня. При разрушении одной капли образуется заряд

$$q = aE, \qquad (1)$$

где E — напряженность поля под жидко-капельной областью и a — некоторая постоянная, определяемая экспериментально.

Пусть за единицу времени произойдет f отдельных актов разрушения. Тогда жидко-капельная область пополнится зарядом fq. Поле под уровнем изотермы 0° является линейной функцией заряда жидко-капельной области Q, принимаемой сферической (при этом не учитывается поле, создаваемое зарядами вне жидко-капельной области):

$$Q = bE. \tag{2}$$

За время dt заряд жидко-капельной области пополнится зарядом

$$dQ = fq\,dt. \tag{3}$$

На основании (1) и (2) получаем

$$dQ = cQ\,dt, \tag{4}$$

где $c = \frac{a}{b} f$.

Разделяя переменные и интегрируя в пределах от Q_0 (заряд жидко-капельной области в начальный момент $t_0 = 0$) до Q_p (заряд, достаточный для возникновения разряда молнии и соответствующий некоторому моменту времени t_p), находим

$$Q_p = Q_0 e^{ct_p}. \tag{5}$$

Отсюда видно, что накопление зарядов, а следовательно, и рост напряженности поля в грозовых облаках должны происходить не линейно, как это обычно предполагается, а со все возрастающей скоростью, по некоторому экспоненциальному закону.

Однако следует иметь в виду, что при росте напряженности поля и приближении к пробойным значениям значительно возрастает проводимость в облаке ([5]). Это должно привести к замедлению скорости возрастания напряженности поля при его больших значениях.

Таким образом, вслед за разрядом происходит сперва быстрое возрастание напряженности поля по некоторому экспоненциальному закону с последующим замедлением этого возрастания при достижении более или менее больших значений напряженности поля.

Следовательно, грозовое облако следует рассматривать как самовозбуждающийся генератор электричества, в котором происходит цепной процесс накопления зарядов. Нам кажется, что именно этим можно объяснить большую мощность генерирования электричества в грозовых облаках, когда в некоторых случаях разряды молний следуют один за другим через 1—2 сек.

Украинский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт

Поступило
23 III 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. М. Мучник, Метеор. и гидрол., № 4 (1949); № 9 (1952). [2] В. М. Мучник, Труды ГГО, в. 35 (97) (1952). [3] В. М. Мучник, ЖЭТФ, № 1 (1954). [4] В. М. Мучник, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 6 (1952). [5] Я. И. Френкель, Теория явлений атмосферного электричества, М.— Л., 1949.