

Член-корреспондент АН СССР Е. К. ФЕДОРОВ

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЗАРЯДЫ ЧАСТИЦ ОСАДКОВ

При исследовании электрических явлений в атмосфере, связанных с облаками и осадками, Лабораторией атмосферного электричества Геофизического института Академии наук СССР было проведено в 1949 г. несколько серий измерений электрических зарядов частиц осадков.

Аппаратура, разработанная в 1948 г., позволила измерять и регистрировать как заряды отдельных капель дождя или снежинок, так и суммарный заряд осадков, выпадающих в течение некоторого времени на определенную поверхность. Схема установки приведена на рис. 1. Прибор для измерения зарядов отдельных капель состоит из кожуха с конической крышкой 1, имеющей отверстие диаметром 60 мм. Под отверстием расположено охранное коническое кольцо 3 меньшего диаметра, чем отверстие крышки, а под охранным — измерительное, также коническое, кольцо 2 еще меньшего диаметра (40 мм вверху). Оба кольца укреплены на хороших изоляторах и соединены с входными каскадами усилителей 4, 4, работающими в электрометрическом режиме.

Капли дождя или снежинки, падающие вертикально или под углом до  $40^\circ$  к вертикали, пролетают через охранное и измерительное кольца. При этом на измерительном кольце индуцируется заряд, составляющий 0,5—0,7 заряда капли (на охранным кольце индуцированный заряд будет значительно меньше) и на входе усилителей появляются соответствующие импульсы напряжений. Расположение частей установки таково, что через измерительное кольцо могут пролетать капли, либо ничего не касавшиеся ранее, либо коснувшиеся охранного кольца. Таким образом, охранное кольцо позволяет отметить капли с искаженным зарядом, а также другие паразитные явления.

Простые дулампные усилители (4, 4—5, 5) были рассчитаны В. М. Бовшеверовым специально для регистрации импульсов. При пролете капли с зарядом около  $10^{-5}$  э. с. е. на выходе получался достаточно ясный сигнал (в лабораторных условиях при хорошей экранировке чувствительность можно было довести до  $3 \cdot 10^{-6}$  э. с. е., что совпадает по порядку с теоретическим пределом наблюдаемости сигнала на фоне величины входных шумов усилителя).

Градуировка прибора производилась время от времени искусственно заряженными каплями, а при каждой серии измерений подачей стандартного, похожего по форме на поле пролетающей капли, импульса от генератора 7 на электрод 8, укрепленный внутри прибора.

Прибор для измерения суммарного заряда состоял из приемной, хорошо изолированной воронки 9 (равной по площади сосуду обычного дождемера), переходящей в трубку 10, снабженную сифонным водоотводом 11. Контактные часы 12 замыкали через каждые 10 сек. с помощью реле 13 контакт 14, подсоединяющий усилитель 4 к воронке. Заряд, накопившийся на воронке, за это время давал соответствующий импульс

напряжения на входе усилителя. При сливе воды, который производился каждый раз, когда в трубке накапливалось более 30 см<sup>3</sup>, срабатывал контакт, дающий отметку на одном из шлейфов общего регистратора многошлейфового осциллографа 6.

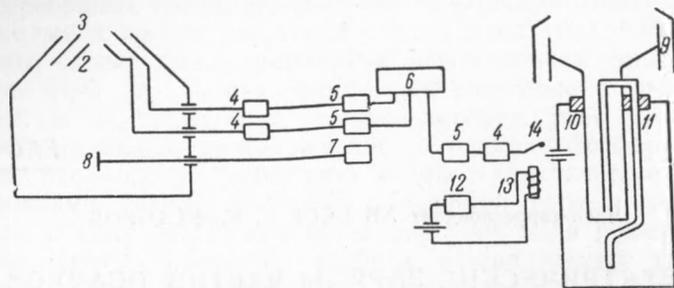


Рис. 1

Таким образом, наша установка отличается от ранее применявшейся для этой цели Чалмерсом и Пасквиллом (1) большей чувствительностью

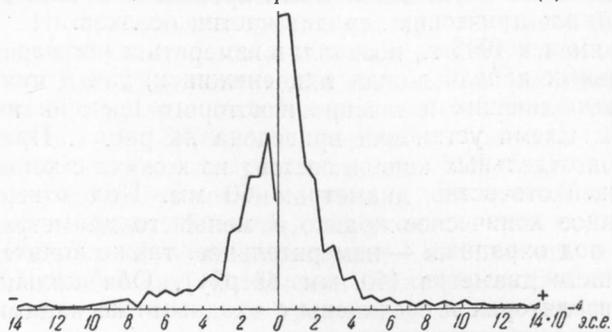


Рис. 2

и возможностью автоматической регистрации, а от описанной в 1949 г. Ганном (2), кроме значительно большей чувствительности, также возможностью регистрировать заряды капель, падающих не только строго вертикально, но под значительными углами, как это бывает чаще всего.

В 1949 г. были получены записи электрических зарядов 13 дождей (в том числе 3 грозовых) и 1 снегопада. Приборы работали при этих записях в общей сложности 6 час. Скорость регистрации осциллографа (1,5 мм в секунду) и некоторые другие особенности конструкции не обеспечивали необходимой «разрешающей способности» прибора для измерения зарядов капель в моменты резкого усиления дождя, когда капли с относительно большими зарядами следовали очень быстро одна за другой. В связи с этим в записи некоторых дождей имеются перерывы, относящиеся к периодам наиболее интенсивного выпадения дождя.

При обработке были получены кривые распределения величин зарядов для каждого дождя и графики изменения по времени электрических характеристик дождя, отнесенных к каждой минуте: средний заряд положительных капель, средний заряд отрицательных капель, максимальный и минимальный заряды, средний заряд капель, электрический ток осадков на единицу поверхности, число капель в минуту.

Общее распределение всех частиц осадков по величине зарядов представлено на рис. 2. Положительных частиц было отмечено 3326 и отрицательных 2537. Средний положительный заряд равен  $+2,5 \cdot 10^{-4}$  э.с.е. и отрицательный  $-3,0 \cdot 10^{-4}$  э.с.е. Максимальные по величине заряды:  $+2 \cdot 10^{-3}$  и  $-7 \cdot 10^{-3}$  э.с.е.

На рис. 3 представлены кривые распределения зарядов по величине для двух дождей и одного снегопада, а на рис. 4 — типичный график изменения электрических характеристик дождя по времени.

Исследования электрического состояния осадков велись многими авторами (П. Н. Тверской, Оболенский, Симпсон, Банержи, Гшвенд,

Ганн и др.), однако измерения зарядов отдельных частиц производились только Гшвендом (3), Чалмерсом и Пасквилом (1) и Ганном (2). При

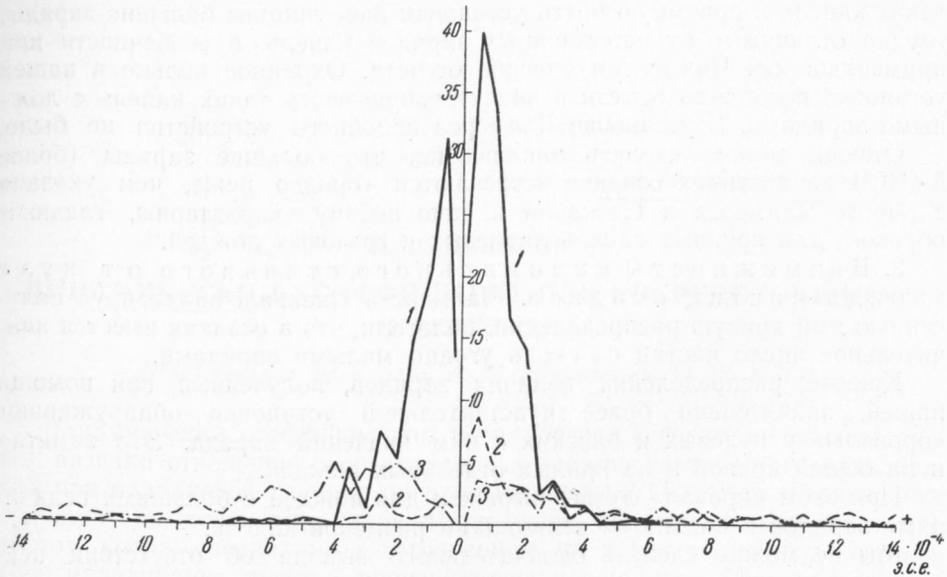


Рис. 3

этом Гшвенд и Чалмерс и Пасквил отсчитывали значение зарядов визуально, а Ганн зарегистрировал заряды только 160 вертикально падавших капель в 3 грозовых дождях.

При рассмотрении результатов наших наблюдений и сравнении их с упомянутыми выше работами обращают на себя внимание следующие особенности.

1. Сравнительно малые средние и максимальные заряды частиц. Чалмерс и Пасквил на основе измерения зарядов около 10000 капель дают для дождя максимальный заряд  $+9 \cdot 10^{-2}$ , средний положительный  $+2,3 \cdot 10^{-3}$ , средний отрицательный  $-3,5 \cdot 10^{-3}$  и минимальный заряд  $-9 \cdot 10^{-2}$ , т. е. для средних примерно в 10 раз, а для максимального и минимального в 30 раз большие величины, чем у нас.

Как уже указывалось, наша установка не могла измерить зарядов капель, выпадающих в периоды особенно интенсивного дождя, ввиду чего часть капель с большими зарядами не зафиксирована, однако, нужно учитывать, что размеры входных отверстий установок нашей и Чалмерса одинаковы, а «разрешающая способность» установки Чалмерса была неминуемо значительно меньше (визуальной отсчет отброса

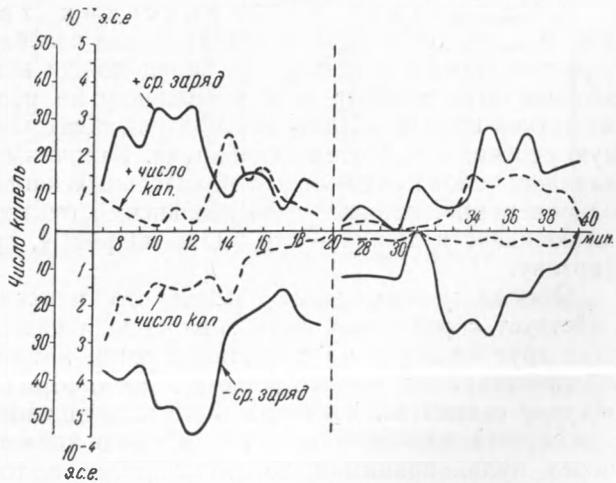


Рис. 4

баллистического гальванометра). Следует также отметить, что капля, задевая за край кожуха прибора, приобретает вследствие этого (очевидно, в результате эффекта Лепарда) большой заряд. Попадание таких капель в приемную часть установки дает лишние большие заряды, трудно отличимые от естественных зарядов капель, в особенности при применявшемся Чалмерсом способе отсчета. Охранное кольцо в нашей установке позволило отметить значительную часть таких капель с ложными зарядами. В установке Чалмерса подобного устройства не было.

Отсюда можно сделать заключение, что большие заряды (более  $5 \cdot 10^{-3}$ ) на частицах осадков встречаются гораздо реже, чем указано в работе Чалмерса и Пасквила и, повидимому, характерны, главным образом, для крупных капель ливневых и грозовых дождей.

2. Возможность минимального, отличного от нуля заряда частиц осадков. Чалмерс и Пасквил, анализируя полученную ими кривую распределения, полагали, что в осадках имеется значительное число частиц со сколь угодно малыми зарядами.

Кривые распределения величин зарядов, полученные при помощи нашей, значительно более чувствительной установки обнаруживают «провалы» у нулевых и близких к ним значений заряда. Это заметно и на общей кривой и на кривых отдельных дождей.

При этом «провал» лучше выражен для дождей с большими величинами зарядов и большими величинами размеров капель.

Мы не можем сделать окончательного вывода об отсутствии нейтральных капель или капель со сколь угодно малыми зарядами, так как наша аппаратура не могла отмечать такие капли, однако полученные данные позволяют предположить, что заряд капель в общем соответствует их размерам и минимальные по размеру капли в данном дожде несут некоторые минимальные заряды. В дальнейшем мы имеем в виду уточнить это обстоятельство, поставив одновременные измерения зарядов и величин капель.

3. Пульсация электрических характеристик дождя. Все авторы отмечают значительные колебания электрических характеристик дождя — суммарный заряд дождя и заряды отдельных капель неоднократно меняют знак и величину на протяжении небольших промежутков времени. Наши наблюдения позволяют отметить одну интересную особенность в этих колебаниях. Величины средних и максимальных зарядов положительных и отрицательных капель возрастают и убывают одновременно, причем часто независимо от возрастания или убывания интенсивности дождя — это видно на рис. 4, представляющем типичную картину.

Отсюда можно сделать вывод, что механизм электризации капель действует с различной интенсивностью в разных частях облака, отстоящих друг от друга на расстоянии сотен метров по горизонтали, однако обеспечивает как положительную, так и отрицательную зарядку капель. Наряду с этим величина среднего заряда капель или, что то же самое, суммарный электрический ток осадков также колеблется и переходит через нуль, принимая то положительное, то отрицательное значение, однако эти колебания значительно медленнее, чем колебания интенсивности электризации.

Автор выражает благодарность В. М. Воронец за участие в проведении наблюдений и обработке материалов.

Геофизический институт  
Академии наук СССР

Поступило  
26 IV 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> J. A. Chalmers and F. Pascuill, Proc. Phys. Soc., 50, No. 277, 1 (1938).  
<sup>2</sup> R. Gunn, Rev. of Sc. Instr., 20, No. 4, 291 (1949). <sup>3</sup> Gschwend, Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik, 70, 62 (1920).