

Ю.В. Шаманский

## Вариации атмосферно-электрических характеристик в тропосфере и стратосфере

*Иркутский государственный университет*

Поступила в редакцию 12.11.2004 г.

Проведен анализ зондирования электрической проводимости атмосферы, напряженности электрического поля и вертикального тока проводимости на ряде станций в Японии в период 1966–1971 г. Анализируются более 600 случаев выпусков зондов. Приводятся годовые и суточные изменения, вертикальные профили электрических характеристик, и исследуется связь электрических характеристик с облачностью и атмосферным давлением.

Основной задачей атмосферно-электрических измерений на земле и в свободной атмосфере является определение соотношения глобальных и локальных генераторов электрических зарядов и, соответственно, электрического поля в атмосфере.

Связь локальных и глобальных атмосферно-электрических характеристик выражается следующим соотношением:

$$U/R = E\lambda,$$

где  $U$  — потенциал высоких слоев атмосферы по отношению к земле;  $R$  — общее сопротивление столба атмосферы;  $E$ ,  $\lambda$  — напряженность электрического поля и электропроводность воздуха.

Наблюдения  $E$  и  $\lambda$  у поверхности земли не могут объяснить, с какими причинами связаны их вариации. Они могут быть связаны и с глобальными эффектами, приводящими к изменению потенциала высоких слоев, и с изменением общего сопротивления атмосферы (например, под действием ионизации космическими лучами), или они обусловлены локальными эффектами (различные метеоявления и антропогенные факторы). Глобальные характеристики ( $U$  и  $R$ ) не могут быть измерены непосредственно. Они определяются путем интегрирования измеренных  $E(h)$  и  $\lambda(h)$ :

$$U_h = \int_0^H E(h)dh; R_h = \int_0^H dh/\lambda(h),$$

где  $H$  — высота верхней границы зондирования;  $h$  — текущая координата.

Величины  $U$  и  $R$ , рассчитанные таким способом, зависят от локальных условий в нижних слоях атмосферы, и считать, что они отражают глобальные процессы, не следует. В то же время интерес

к этим величинам вызван тем, что они в существующих моделях электрических процессов являются основными.

В статье использованы материалы Мирового центра данных (МЦД) по высотным измерениям напряженности электрического поля, электрической проводимости воздуха и вертикального тока проводимости [1–4].

По результатам зондирования создана электронная база данных, включающая данные по облачности и данные NCER/NCAP Reanalysis по атмосферному давлению (высота в геопотенциальных декаметрах и приведенное атмосферное давление к уровню моря). В материалы МЦД вошли данные по радиозондированию атмосферно-электрических характеристик, проведенных на станциях Кагосима, Саппоро, Татено, Хацийодзима в Японии и Сиува в Антарктиде. Измеряемые элементы: напряженность электрического поля, вертикальный ток проводимости и проводимость воздуха. В сборниках МЦД есть данные по измерениям потенциала на станции Вейссенау в Южной Германии.

На рис. 1 приведены все данные по потенциалу атмосферы в Вейссенау. Среднее значение за весь период наблюдений составляет 282 кВ, а за период совместных наблюдений: с 1966 по 1971 г. — 284 кВ. По данным японских станций за 1966–1971 г. эта величина составляет 308 кВ.

Отметим, что спектр значений потенциала очень широк. Даже в один и тот же день значения потенциала могут существенно изменяться.

Распределения значений  $E$  и  $\lambda$  по всем данным выпусков зондов представлены на рис. 2. Распределения построены для высот 5, 10, 15, 20, 25 и 30 км для всех случаев выпусков зондов в Японии без разделения по станциям, так как они расположены между собой достаточно близко и высота расположения меняется незначительно.

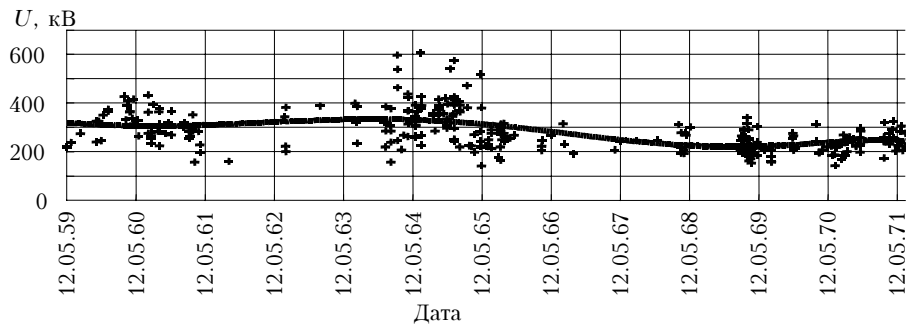


Рис. 1. Разность потенциалов земля – атмосфера в Вейссенау

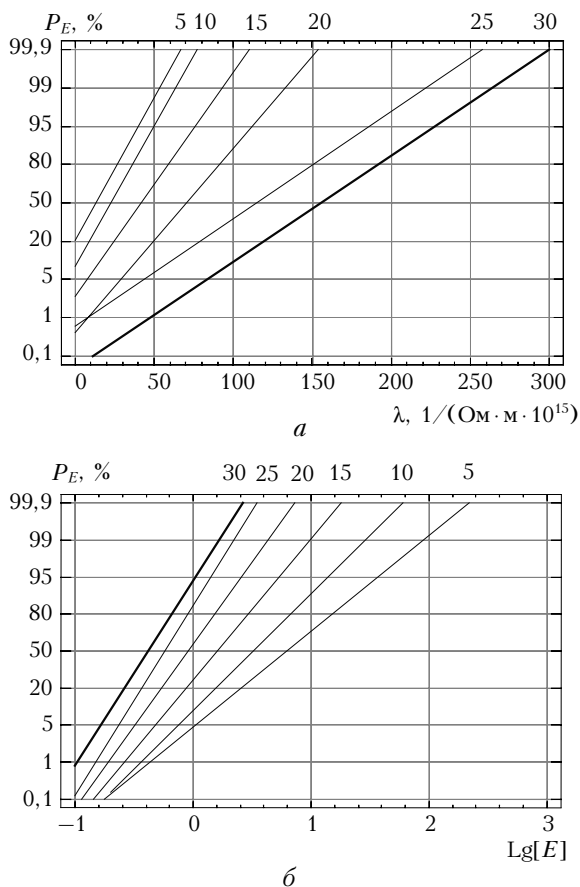


Рис. 2. Распределения  $\lambda$  (а) и  $E$  (б) по высотам

Годовой ход электрической проводимости воздуха для всех высот над Японией имеет довольно сложный вид. Основной максимум приходится на август – сентябрь, а основной минимум на апрель – май. О суточном  $\lambda$  судить сложно, так как сроки зондирования – 0, 6, 12 и 18 ч по гринвичскому времени. Однако значения проводимости в 6 ч имеют максимум (15 ч по поясному времени), а амплитуда суточного хода составляет по всем высотам около 40–50%. Годовой ход тока проводимости существенно зависит от высоты в атмосфере и в основном имеет максимум в октябре – ноябре, а минимум в марте. Годовые изменения напряженности поля имеют амплитуду около 40% с основным максимумом в октябре – ноябре и минимумом в мар-

те – апреле. В суточном ходе напряженности поля и потенциала максимум приходится на вечерние часы по Гринвичу.

Анализ значений  $E$  при различном количестве и разных ярусах облаков указывает на то, что вертикальный профиль напряженности сильно зависит до высоты 10 км от балла облачности. Облачность, особенно нижнего яруса, сильно снижает сопротивление столба атмосферы. На рис. 3 приведены осредненные профили напряженности электрического поля при различном количестве баллов облаков нижнего яруса.

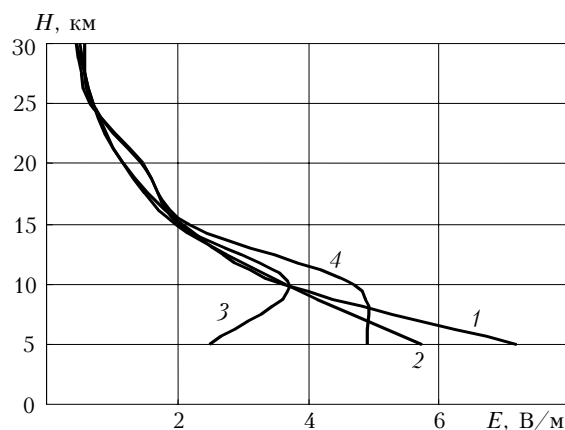


Рис. 3. Осредненные профили  $E$  при различной облачности: 1 – 0; 2 – 1–5; 3 – 5–10 баллов нижней облачности; 4 – 5–10 баллов общей облачности

Коэффициенты вариации значений  $E$  при облачности 5–10 баллов на высоте 5 км составляют 3,2, а на высоте 20 км – 1,23. При облачности 0–5 баллов коэффициенты вариации на высоте 5 и 20 км соответственно равны 1,7 и 0,6.

Сопоставление данных зондирования электрических параметров и высот изобарических поверхностей в моменты зондирования указывает на их достаточно тесную связь. Так, проводимость воздуха на высоте 30 км коррелирует с высотой изобарических поверхностей от 500 до 150 гПа с коэффициентом +0,5. На высотах 10–15 км между высотами изобарических поверхностей и проводимостью воздуха корреляция отрицательная. Напряженность поля на высоте 30 км коррелирует с коэффициентом –0,47 с высотами изобарических по-

верхностей. Подобные зависимости от давления воздуха можно объяснить ионизационным действием космических лучей и влиянием на их интенсивность атмосферного давления.

1. *Результаты* наблюдений за атмосферным электричеством. Мировая сеть. Л.: ГГО, 1971. 50 с.
2. *Материалы* наблюдений напряженности электриче-

- ского поля атмосферы на различных высотах по данным зондирования 1966–1971. Ч. 1. Л.: ГГО, 1973. 112 с.
3. *Материалы* наблюдений напряженности электрического поля атмосферы на различных высотах по данным зондирования 1966–1971. Ч. 2. Л.: ГГО, 1973. 107 с.
  4. *Материалы* наблюдений напряженности электрического поля атмосферы на различных высотах по данным зондирования 1971–1972 (Япония). Л.: ГГО, 1974. 52 с.

*Yu. V. Shamanskii. Variations of atmospheric electric characteristics in the troposphere and stratosphere.*

The interest to atmospheric electricity has been rekindled in the recent time, because of the possible effect of atmospheric electric characteristics on the solar–terrestrial relations. The sounding of the electric conductivity of the atmosphere, the electric field strength, and the vertical conduction current was carried out at some stations in Japan in 1966–1977. In this paper, more than 600 balloon launches are considered. Annual and diurnal variations and vertical profiles of electric characteristics are presented, and the relation of electric characteristics to atmospheric cloudiness and pressure is analyzed.