

НОВАЯ МОДЕЛЬ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

В. В. Кузнецов

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН. Паратунка, Камчатская обл.

Предлагаемая модель атмосферного электрического поля (АЭП) является развитием идеи Френкеля о разделении электрических зарядов в грозовом облаке применительно к атмосфере «хорошей погоды». Согласно модели, электрические заряды в атмосфере образуются за счет ионизации её галактическими космическими лучами (ГКЛ). Разделение зарядов происходит в гравитационном поле Земли за счет того, что отрицательные заряды конденсируют на себя пары воды более интенсивно, чем положительные, и оказываются тяжелее положительных.

Величину атмосферного электрического поля E_z можно оценить по формуле, полученной Френкелем при учете эффекта разделения зарядов на водных каплях, радиусом r [1]: $E_z = \epsilon_0 M g \zeta / 6 \pi \eta \sigma_c$, где $M = 10^{-5}$ г/м³ – водность атмосферы (в грозовом облаке $M \approx 1$ г/м³), g – ускорение силы тяжести, ζ – электрокинетический потенциал воды ($\zeta \approx 0.25$ В), η – вязкость воздуха ($\eta \approx 10^{-5}$ Па·с), σ_c – электропроводность ($\sigma_c \approx 10^{-14}$ Ом⁻¹·м⁻¹); $E_z \approx 100$ В/м (в грозовом облаке $E_z \approx 10^4$ В/м).

Скорость конденсации K [с⁻¹·см³], согласно формуле Френкеля [2], упрощенной и модифицированной: $K \sim \exp(-3/\ln^2 S_c - \ln S_c)$, здесь S_c – пересыщение пара.

В режиме испарения (кипения) в системе разрушаются капли и им на смену образуются «пузыри» пара, скорость образования которых J [с⁻¹·см³]: $J \sim \exp(-W/kT)$, W – энергия образования пузырька критического размера (рис. 1). Отсюда следует, что при $T \approx 26.5$ °С, $K = J$, а $E_z = 0$.

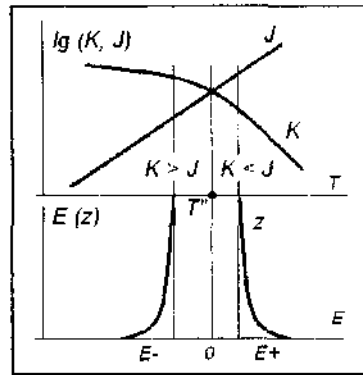


Рис. 1. Изменение \lg скоростей конденсации (K) и испарения (J) в зависимости от температуры T – сверху. Внизу – полярность электрического поля E как функция отношения J и K : $E+$, когда $J > K$, и $E-$, когда $J < K$.

Температура поверхности Земли в течение 100 последних лет возрастает. В этой связи величина АЭП, согласно нашей модели, должна уменьшаться (см. рис. 1). Действительно, как было недавно показано по наблюдениям в Шотландии и Шетланде [3, 4], ежегодное снижение АЭП с 1920 до 1980 г., когда измерения прекратились, было зарегистрировано (рис. 2).

Начиная с 1920 г. и до настоящего времени величина E_z уменьшилась примерно вдвое: $dE_z/dt (E_z) \approx 2$ (со скоростью примерно 1 В/м, т. е. 1% в год), в то время как температура поверхности Земли в этот же период времени выросла на $0.7 - 0.8^\circ$ (0.01° год⁻¹), что составляет примерно $dT/dt (T) = 0.06$, или 6% (где среднегодовая температура Земли $T = 15$ °С). Отношение скоростей изменения параметров $T'/E' = 0.03$.

Для подтверждения модели нам следует получить теоретическую зависимость E_z от температуры T типа $E_z \sim \exp(-T)$, или $M \sim \exp(-T)$, т. к. $E_z \sim M$.

Водность атмосферы M , иначе – интегральная масса образующихся в атмосфере капель, определяется скоростью нуклеации, т. е. скоростью роста капли. Для оценки скорости нуклеации воспользуемся формулой, полученной Зельдовичем [5]: $M \sim nZ (4\pi r^2 P K) / (2\pi m kT)^{1/2}$, где n – концентрация, r – радиус, m – масса ядер конденсации, т. е. «зародышей» капель, Z – фактор Зельдовича, P – давление, $K \sim \exp(-T)$ – скорость конденсации, k – постоянная Больцмана. Учитывая зависимость E_z от температуры, получаем $M \sim T^{-1/2} \exp(-T)$ или $E_z \sim T^{-1/2} \exp(-T)$.

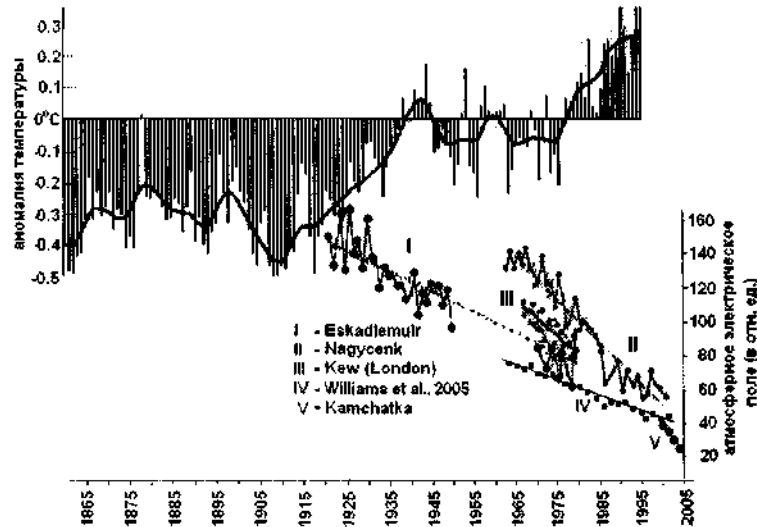


Рис. 2. Изменение глобальной температуры Земли. Уменьшение величины E_z на обсерваториях Венгрии, Великобритании [3, 4] и Камчатки.

Температура поверхности Земли возростала в течение времени наблюдения t более или менее линейно со временем: $T = at$, тогда $T' = dT/dt = a$. Подставим это выражение в формулу для E_z' и получим $E_z' \approx [\exp(-at)(1 + 2at)/a] \times (at)^{3/2}$, а отношение $T'/E' \approx 2a^{3/2}$ получим, полагая $t = 1$. Как отмечалось из наблюдений, $a = 0.06$, получаем отношение $T'/E' = 0.03$, что можно рассматривать как подтверждение справедливости нашей модели.

В рамках этой простой и естественной модели находят непротиворечивое объяснение такие явления в АЭП, как унитарная вариация (кривая Карнеги), форбуш-понижения в АЭП и эффекты терминатора, роль гроз и циклонов в формировании АЭП и т.п. Результаты наблюдений за поведением АЭП во время работы мощных сейсмодвибраторов и в эпицентре Чуйского землетрясения (Алтай, 2003) во время активного афтершокового режима также находят объяснение в рамках новой модели АЭП. В контексте этой модели обсуждаются результаты экспериментов по активному воздействию на АЭП струи пара из скважины Мутновского гидротермального месторождения (Камчатка). Предложены пути дальнейших исследований физики АЭП.

Литература

1. Френкель Я.И. География явлений атмосферного электричества. М.: ГИТТЛ, 1949. 155 с.
2. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкости. Л.: Наука, 1975. 592 с.
3. Harrison R.G. Twentieth century secular decrease in the atmospheric potential gradient // Geoph. Res. Lett. 2002. V. 29, № 14, 1660. doi:10.1029/2002GL014878.
4. Märcz F., Harrison R.G. Long-term changes in atmospheric electrical parameters observed at Nagycenk (Hungary) and the UK observatories at Eskdalemuir and Kew // Ann. Geophys. 2003. V. 21. P. 2193–2200.
5. Зельдович Я.Б. Теория образования новой фазы // ЖЭТФ. 1942. Т. 12. № 11–12. С. 525–531.