

ГЕОФИЗИКА

УДК 539.038

ПОЛЕ ЯСНОЙ ПОГОДЫ И ФАЗЫ ЛУНЫ

В. И. Григорьев, В. С. Ростовский

(кафедра квантовой теории и физики высоких энергий)

Показано, что бароэлектрическое поле над поверхностью Земли, вызываемое приливным воздействием Луны и Солнца, должно испытывать периодические изменения, связанные с фазами Луны.

Полю ясной погоды (ПЯП), открытому Л. Лемонье [1] более трехсот лет тому назад, уже давно было предложено объяснение, разделяемое и ныне многими геофизиками: Земле приписывается отрицательный электрический заряд, равный -6×10^5 Кл, который распределяется по ее поверхности и порождает ПЯП напряженностью около 100 В/м.

Несмотря на кажущуюся простоту и убедительность этого объяснения, оно порождает ряд проблем, не находящих пока разрешения. Так, у напряженности ПЯП, вопреки первоначальным представлениям, имеется не только вертикальная, но и горизонтальная составляющая, и лишь ее усредненное по времени значение обращается в нуль; наблюдаемый временной ход и распределение в пространстве не находят объяснения; даже численное значение величины напряженности приходится «подгонять», постулируя надлежащую величину заряда Земли.

Однако чаще всего указывается «проблема регенерации заряда»: поскольку атмосфера Земли обладает открытой еще Кулоном проводимостью, заряд должен был бы довольно быстро (за минуты) стечь с Земли. Предлагались различные механизмы регенерации заряда, из которых лидирующую позицию занял «грозовой механизм», развивавшийся Я. И. Френкелем [2]. В обзоре [3], где теории Я. И. Френкеля уделено центральное место, можно найти аргументы как в пользу, так и против этого механизма. В основном речь идет о нестыковке наблюдаемых и теоретических величин.

Но и это еще не все: неразрывно связав возникновение ПЯП с процессами в атмосфере, приходится признать, что на небесных телах, не имеющих атмосферы, например на Луне, ничего, подобного ПЯП, быть не может. Однако, как показано в [4], результаты исследования поляризации света Солнца, отраженного от различных участков поверхности Луны, дают основание для противоположного заключения (к сожалению, прямые исследования непосредственно на поверхности Луны никто пока провести не догадался, хотя возможности для таких исследований были, а их результаты имели бы принципиальное значение).

Как было впервые показано в [5], существует радикально отличающийся от обсуждавшихся ранее механизм, объясняющий происхождение ПЯП. Этот механизм связан с бароэлектрическим эффектом. Прежде всего нужно хотя бы кратко напомнить, в чем состоит этот эффект. Работа выхода электронов из проводника зависит от давления (в чем убеждают и теория и эксперимент), а неоднородность работы выхода в различных частях проводника порождает перераспределение зарядов и, как следствие, создание электрического поля*).

После появления значительного числа публикаций, посвященных бароэлектрическому эффекту (см., напр., [6]), это обстоятельство представляется разъясненным достаточно подробно и полно. Однако количественные оценки определены еще не до конца. В действительности, говоря об электрическом поле, различные авторы имеют в виду различные электрические поля. Так, в работе [7], благодаря которой появился даже новый термин — «поле Барнхилла-Шиффа», речь шла о том внутриатомном электрическом поле, которое действует на ядро атома, помещенного в гравитационное поле и уравновешивает воздействие этого поля. Вполне очевидно, что это электрическое поле нельзя отождествлять с бароэлектрическим хотя бы потому, что последнее возникает только при неоднородном гравитационном поле.

За недостатком места здесь невозможно изложить теорию бароэлектрических полей и даже привести полный список ссылок. Поэтому ограничимся лишь краткими необходимыми для дальнейшего извлечения из работ, посвященных бароэлектрическому эффекту.

Оценки для напряженности бароэлектрического поля в рамках подхода, который можно назвать феноменологическим, получаются на основе условия, эквивалентного требованию постоянства электрохимического потенциала при равновесии,

$$\text{grad} \left\{ W(p) + \frac{1}{8\pi} E^2 \right\} = 0. \quad (1)$$

*) О порождении электрического поля благодаря неоднородностям плотности свидетельствует существование известного «потенциала наклепа».

Здесь \mathbf{E} обозначает макроскопическую, т. е. усредненную по физически бесконечно малым объемам напряженность электрического поля. Для $W(p)$ можно принять выражение

$$W(p) = \frac{p^2}{2B + \gamma p}, \quad (2)$$

в котором B — модуль всестороннего сжатия. Давление p должно находиться методами механики сплошных сред с учетом симметрии каждой из конкретных задач.

При постановке этих задач можно привлекать некоторые модели. Ниже будет использоваться модель планеты, испытывающей приливные воздействия. Планета (Земля) рассматривается как шар радиуса R , распределение давлений в котором в основном определяется его собственным гравитационным полем, и если распределение масс в планете, а значит, и давлений сферически-симметрично, то напряженность бароэлектрического поля (его уместно называть главным) имеет лишь радиальную компоненту, увеличивающуюся по мере удаления от центра планеты, достигающую максимума у ее поверхности и, если планета в целом электронейтральна, скачком обращаясь в нуль за ее пределами.

Однако если сферическая симметрия нарушается, то поле проникает и во внешнюю область. Одна из наиболее важных причин такого нарушения — приливные воздействия. Для Земли основными источниками таких воздействий являются Луна (масса m_1) и Солнце (масса m_2). Их расстояния R_1 и R_2 от центра Земли много больше R .

Объемная плотность приливной силы, обусловленной их гравитационными полями, в точке, положение которой относительно центра Земли задается радиус-вектором \mathbf{r} , равна $\mathbf{f}_1 + \mathbf{f}_2$, где

$$\mathbf{f}_i = Gm_i\tau \frac{3\mathbf{n}(\mathbf{n}\mathbf{r}) - \mathbf{r}}{R_i^3}, \quad (3)$$

$i = 1$ и 2 (Луна и Солнце), а τ — усредненная механическая плотность в точке \mathbf{r} .

Как показано в [6], напряженность бароэлектрического поля непосредственно над поверхностью Земли, порождаемого действием i -го источника приливного воздействия, имеет как вертикальную E_v^i , так и горизонтальную E_h^i компоненту:

$$E_v^i = T_i \cdot (3 \cos^2 \theta_i - 1), \quad (4)$$

$$E_h^i = T_i \cdot \sin 2\theta_i. \quad (5)$$

Здесь

$$T_i = \frac{9GMm_iR}{8R_i^3\sqrt{6\pi B}},$$

G — гравитационная постоянная, M — масса Земли, а θ_i — угол между направлением на i -й источник

приливного воздействия и радиус-вектором \mathbf{r} , проводимым от центра Земли к месту наблюдения на ней. Вклады в напряженность «приливного» поля, обусловленные действием Луны и Солнца, аддитивны.

Подставляя надлежащие значения для входящих в T_i величин, получаем оценки:

$$T_1 \approx 140 \pm 20 \text{ В/м}, \quad (6)$$

$$T_2 \approx 120 \pm 6 \text{ В/м}. \quad (7)$$

Как показывают выражения (6) и (7), напряженности приливного бароэлектрического поля во всех точках над поверхностью Земли должны испытывать изменения с периодом в лунный месяц (обязанные изменению расстояния от Луны до Земли) и в один земной год (порождаемые изменениями расстояния от Земли до Солнца). Такого рода изменения уже давно замечены [8]. Однако значительно большее влияние на величину ПЯП оказывает не изменение R_1 и R_2 , а изменение углов θ_2 и особенно θ_1 (приливное воздействие Луны доминирует). Для любой точки на Земле значения θ_1 изменяются в соответствии с изменениями фаз Луны. Множитель $3 \cos^2 \theta - 1$ может изменяться и по величине (максимально в два раза), и даже по знаку. Таким образом, изменения приливного ПЯП от их значений в новолуние и в полнолуние до конца первой и третьей четверти Луны напоминают морские приливы. Конечно, процессы в атмосфере, способные заметно влиять на наблюдаемые геоэлектрические поля, часто заставляют ограничиваться лишь нахождением усредненных значений их напряженностей.

Уже давно замеченная связь физических и даже биологических явлений на Земле с фазами Луны затрагивает, таким образом, и геоэлектрические процессы.

Литература

1. Lemonnier L.G. // Mem. Acad. Sci. 1752. **2**. P. 233.
2. Френкель Я.И. Теория явлений атмосферного электричества. Л., 1949.
3. Имянитов И.М., Шифрин К.С. // УФН. 1962. **LXXVI**, № 4. С. 593.
4. Григорьев В.И., Ростовский В.С. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 2000. № 5. С. 41 (Moscow University Phys. Bull. 2000. N 5. P. 49).
5. Григорьев В.И., Григорьева Е.В. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1991. **32**, № 5. С. 68 (Moscow University Phys. Bull. 1991. N 5. P. 66).
6. Григорьев В.И., Григорьева Е.В. Бароэлектрический эффект и электромагнитные поля планет и звезд. М., 1995.
7. Shiff L.I., Barnhill M.V. // Phys. Rev. 1966. **151**. P. 1067.
8. Парамонов Н.А. // ДАН СССР. 1950. **61**. С. 661.

Поступила в редакцию
18.04.03