

О ВЛИЯНИИ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИОНОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ОБЛАСТИ F'

Б. Н. Гершман

В теории образования ионосферных неоднородностей в F -области и в объяснении связанного с ними явления F -рассеяния остается немало трудностей. Мы покажем, что имеются известные перспективы в их преодолении, если опираться на появляющиеся в последние время данные о стимулирующем влиянии ионосферных перемещающихся возмущений (ПВ) на F -рассеяние $[1^{-1}]$.

Попытки связать воздействие ПВ на улучшение условий развития нестабильностей Рэлея—Тейлора и градиентно-дрейфовой оказываются малоэффективными. Поэтому далее мы будем связывать возникновение дополнительных неоднородностей в области F' за счет ПВ с конвергентной неустойчивостью, предложенной еще в 1963 году [2], но пока не получившей широких применений. Линейная теория этой неустойчивости, которой мы здесь ограничимся, подробно изложена в монографии [3].

Ниже даны оценки соответствующих инкрементов исходя из формулы (21.7) [4] $\gamma = -\text{div} u_{10}$ при прохождении ПВ в ионосфере (u_{10} — упорядоченная скорость ионов). Для возникновения неустойчивости ($\gamma > 0$) необходимо выполнение условия $\text{div} u_{10} < 0$. В рассматриваемом нами случае, когда появление движения ионов со скоростями u_{10} индуцируется внутренними гравитационными волнами (ВГВ), основное значение имеют изменения компоненты u_{10z} вдоль геомагнитного поля H_0 . Все необходимые соотношения, характеризующие воздействие ВГВ на ионосферную плазму, приведены в § 21 [4]. Для умеренных широт из (21.11) [4] получим формулу для инкремента, в которой в явной форме определены амплитуда и фаза, а именно:

$$\gamma = -\frac{\partial u_{10z}}{\partial z'} = \frac{k_z^2}{k_x} u_{0z} \exp(z/2H) \sin \chi \cos \chi \cos(\omega t - k_x x - k_z z - \pi/2), \quad (1)$$

где k_z, k_x — вертикальная и горизонтальная составляющие волнового вектора k внутренней гравитационной волны, u_{0z} — величина вертикальной компоненты скорости нейтрального газа в волне, χ — угол между осью z и полем H_0 , H — высота однородной атмосферы, ω — частота ВГВ (уровень $z = 0$ выбирается в зоне распространения ПВ). Формула (1) справедлива при $k_z^2 H^2 \gg 1$. На определенных участках осциллирующий фактор в (1) положителен и, как следствие, $\gamma > 0$.

Максимальное значение γ_m при $\sin \chi = \cos \chi = 1/2$ определяется соотношением

$$\gamma_m = \pi u_{0z} \lambda_x / \lambda_z^2, \quad (2)$$

где $\lambda_z = 2\pi/k_z$, $\lambda_x = 2\pi/k_x$, причем $\lambda_x \gg \lambda_z$ [4]. Принимая для определенности $\lambda_x/\lambda_z \approx 10$, $\lambda_z = H = 40$ км и $u_{0z} \approx 4$ м/с, из (2) получим

$$\gamma_m \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}. \quad (3)$$

Таким образом, возмущения в плазме, с которыми мы связываем появление ионосферных неоднородностей, нарастают за времена порядка периода ВГВ. Следует признать значения γ_m из (3), если сравнивать их с аналогичными характеристиками в теории градиентно-дрейфовой неустойчивости и нестабильности Рэлея—Тейлора, достаточно высокими.

Существенным фактором, характеризующим конвергентную неустойчивость, является то, что значения инкремента γ в линейной теории не зависят от длины волны и пространственной ориентации возбуждаемых в ионосфере возмущений. Конечно, эта зависимость проявится при учете амбиполярной диффузии и ионосферного дрейфа. При больших масштабах ионосферных возмущений влияние не только поперечной, но и продольной диффузии ослабляется и возбуждение неоднородностей должно проходить аналогичным образом независимо от их ориентации.

Таким образом, приходим к выводу, что рассмотренный конвергентный механизм возбуждения неоднородностей под влиянием ПВ в области F' по меньшей мере не менее эффективен, чем градиентно-токовые механизмы [7]. На основе конвергентной неустойчивости факт появления интенсивного F -рассеяния при наличии ПВ получает достаточно хорошее объяснение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Booker H. G. // J. Atm. Terr. Phys. 1979. V. 41. № 5. P. 501.
2. Booker H. G. // Proc. 60 th Aniversary Colloq. URSI. Brussels. 1979. P. 31.
3. Kelly M. C., Larsen M. F., La Hoz C., McClure J. P. // J. Geophys. Res. 1981. V. A86. № 11. P. 9087.
4. Röttger J. // J. Atm. Terr. Phys. 1981. V. 43. № 5/6. P. 453.
5. Гершман Б. Н. // Геомагнетизм и аэрономия. 1963. Т. 3. № 5. С. 878.
6. Гершман Б. Н. Динамика ионосферной плазмы. — М.: Наука, 1974.
7. Гершман Б. Н., Казимировский Э. С., Кожуров В. Д., Чернобровкина Н. А. Явление F -рассеяния в ионосфере. — М.: Наука, 1984.

Научно-исследовательский радиопизический институт

Поступила в редакцию
29 июня 1989 г.

* В частности, имеется формула для $\partial u_{10z} / \partial z' \approx \text{div} u_{10}$, где ось z' направлена вдоль H_0 .