

Сопоставление расчетов электронной концентрации по модели IRI с экспериментальными данными ИСЗ DE-2

С.З. Беккер^{1,2}, А.Н. Ляхов²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт Динамики Геосфер РАН

Очевидно, что для решения задач распространения радиоволн широкого диапазона частот необходимо иметь как можно более точное представление о концентрациях составляющих всей толщи ионосферы и о их поведении в разных гелиогеофизических условиях. На сегодняшний день наиболее точной и широко используемой во всем мире считается международная справочная модель (IRI – International Reference Ionosphere) [1], построенная на эмпирических данных и используемая в диапазоне высот от 60 до 2000 км.

Основными источниками данных для модели IRI являются всемирная сеть ионозондов, радары некогерентного рассеяния, измерительные приборы, установленные на спутниках и ракетах. IRI обновляется ежегодно, учитывает особенности поведения полярной ионосферы, эффекты магнитных бурь. Однако результаты, полученные с помощью IRI, слабо согласуются, а иногда и вовсе не согласуются с независимо полученными экспериментальными данными, не вошедшими в модель. Цель настоящей работы – верификация точности расчетов Ne по международной справочной модели с экспериментальными данными, полученными известным американским ИСЗ DE – 2 (Dynamics Explorer – 2) [2].

В результате сопоставления данных с DE – 2, полученных с августа 1981 года по февраль 1983 года, с результатами расчета электронных концентраций по модели IRI в некоторых гелиогеофизических условиях было получено существенное отличие значений более чем на порядок. Это расхождение наиболее наглядно видно на кривых плотности вероятности

распределения величины $\Delta = \frac{Ne_{\text{exp}} - Ne_{\text{IRI}}}{Ne_{\text{IRI}}}$, где Ne_{exp} – значение электронной концентрации со

спутника DE – 2, Ne_{IRI} – теоретически рассчитанная величина по модели IRI (рис. 1). Здесь в качестве примера отобраны данные, соответствующие зимним месяцам, диапазону 4 – 6 часов геомагнитного времени, средним широтам ($35^\circ - 60^\circ$), солнечной активности $F_{10.7} > 150$ и индексу магнитной активности $A_p > 40$ (высокая солнечная и магнитная активность). Для получения этих кривых данные были объединены за каждые 100 км (от 250 до 950 км). Как видно из рисунков, экспериментальное и рассчитанное значения на некоторых высотах в среднем отличаются более чем в 6-7 раз. Если бы значения, рассчитанные по IRI, в рассматриваемых гелиогеофизических условиях описывали экспериментальные данные, кривые плотности вероятности подчинялись бы нормальному закону распределения с математическим ожиданием равным 0.

На средних широтах в диапазоне 600 – 900 км (рис. 1а) наблюдается многократная разница между экспериментально измеренными величинами и значениями, полученными по модели IRI. Кривые плотности вероятности распределения Δ существенно смещены от значения $\Delta = 0$, не имеют четкого пика, и большинство из них даже качественно не напоминают нормальное распределение. На высотах F-области ниже 500 км (рис. 1б) модель с экспериментом согласуется лучше, но все еще не обеспечивает надежной работоспособности радиофизических систем. Так, например, на высоте 300 км среднее значение Δ составляет ~ -0.65 , то есть Ne_{IRI} превосходит Ne_{exp} почти в 3 раза.

Отсюда можно сделать вывод, что при определенных гелиогеофизических условиях неприемлемо использовать IRI для оперативной коррекции радиолокационной информации. Любая нерегулярная непрерывно изменяющаяся среда (тем более в условиях различных возмущений) может быть описана исключительно статистическими моделями, поэтому необходимо отказаться от детерминированного описания среды, не позволяющего прогнозировать истинное поведение составляющих атмосферы [3].

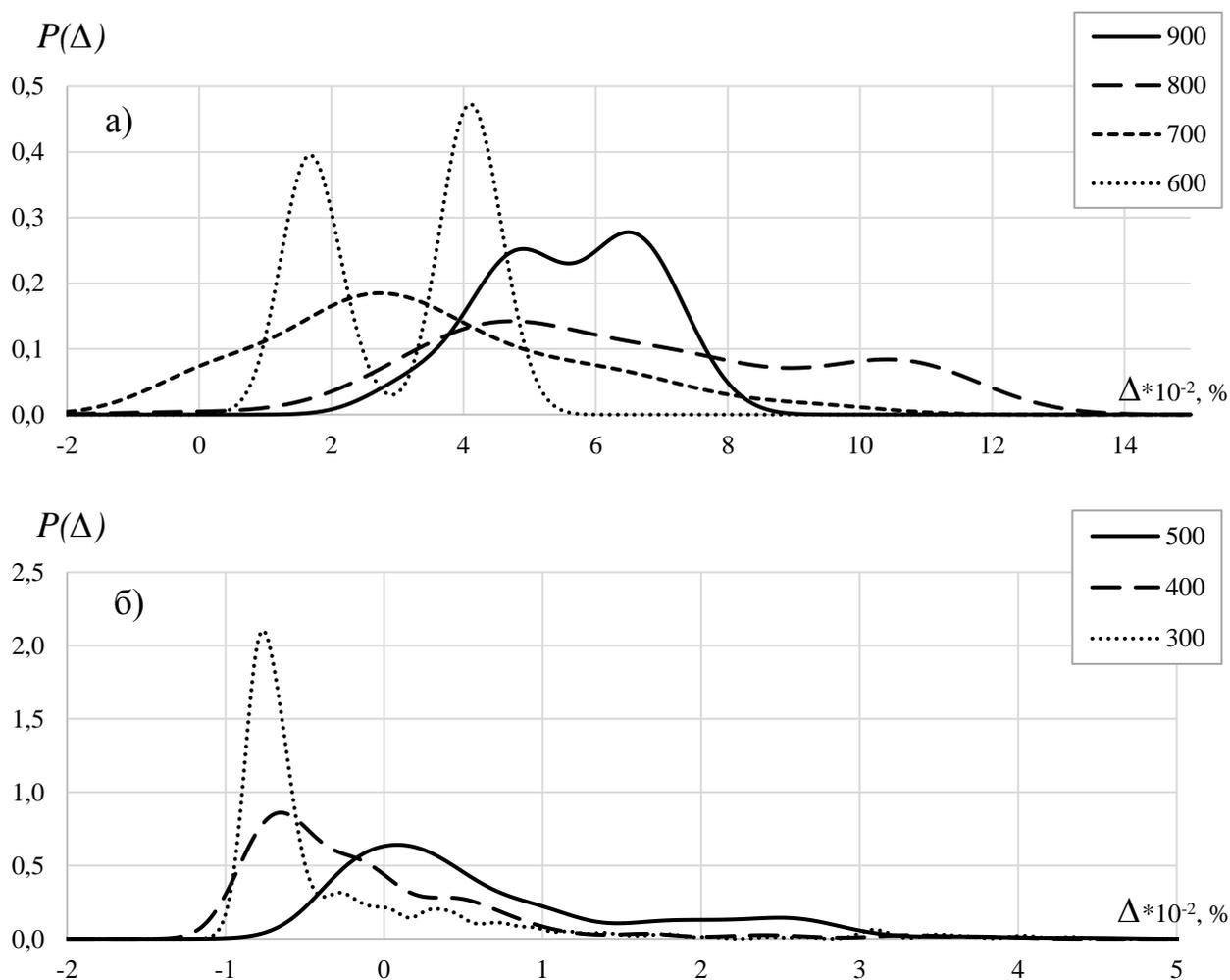


Рисунок 1. Плотность вероятности распределения величины Δ (зимние месяцы, 4 – 6 ч MLT, $35^\circ - 60^\circ$ шир, $F_{10.7} > 150$, $A_p > 40$) на разных высотах. (а) – 300 км, 400 км, 500 км, (б) – 600 км, 700 км, 800 км, 900 км.

Литература

1. *Bilitza D., Altadill D., Zhang Y., Mertens C., Truhlik V., Richards P., McKinnell L.-A., and Reinisch B.* The International Reference Ionosphere 2012 - a model of international collaboration // J. Space Weather Space Clim. 2014. V.4, A07. P. 1-12.
2. http://omniweb.gsfc.nasa.gov/ftpbrowser/ae_de2.html
3. *Козлов С.И., Ляхов А.Н., Беккер С.З.* Основные принципы построения вероятностно-статистических моделей ионосферы для решения задач распространения радиоволн. // Геомагнетизм и аэронавигация. 2014. Т. 54. № 6. С. 767-779.

Сведения об авторах

1. Беккер Сусанна Зейтуллаевна – аспирантка 3-го года Московского физико-технического института, младший научный сотрудник Института динамики геосфер РАН.

susanna.bekker@gmail.com

тел. 8 (985) 809-57-90

2. Ляхов Андрей Николаевич – кандидат технических наук, заместитель директора Института динамики геосфер РАН

alyakhov@idg.chph.ras.ru

тел. 8 (916) 120-93-22