

# Анализ вероятностных полей ионосферных параметров, полученных по вероятностной плазмохимической модели нижней ионосферы

---

Беккер С.З., Ряховский И.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер Российской академии наук, Москва, Россия

e-mail: susanna.bekker@gmail.com

К настоящему моменту накоплен большой объем теоретических оценок и экспериментальных данных о протекающих в ионосферной плазме процессах и о пространственном распределении концентраций ее составляющих, однако точность предсказания поведения параметров ионосферы, в том числе невозмущенной, в некоторых гелиогеофизических условиях мала.

Результаты многолетнего непрерывного мониторинга радиофизических характеристик сигналов СДВ диапазона свидетельствуют о существовании значительных вариаций амплитуды и фазы радиоволны даже в спокойных гелиогеофизических условиях. Наблюдаемые вариации свидетельствуют о непрерывном изменении ионосферных параметров, что говорит о необходимости описывать параметры среды функциями плотности вероятности, а не медианными значениями.

Функции плотности вероятности ионосферных параметров (в первую очередь, электронной концентрации) могут быть использованы при расчете плотностей вероятности амплитуды и фазы волны на выбранных трассах и частотах в различных условиях солнечной и магнитной активности, на разных широтах, в различные сезоны и времена суток.

В основу вероятностной плазмохимической модели положена система дифференциальных уравнений ионизационно-рекомбинационного цикла D-области ионосферы, в которой варьируются входные параметры: скорость ионизации  $q$ , температура нейтралов  $T$ , концентрации  $[O_2]$ ,  $[N_2]$ ,  $[H_2O]$ ,  $[O_2]$  и  $[CO_2]$ .

Для определения законов распределения варьируемых параметров была проведена статистическая обработка экспериментальных банков данных  $T$ ,  $[O_2]$ ,  $[N_2]$ ,  $[H_2O]$ ,  $[O_2]$  со спутника AURA и данных  $[CO_2]$  со спутника TIMED за несколько лет. Рассматривались 4 сезона: зима (ноябрь, декабрь, январь, февраль), весна (март, апрель), лето (май, июнь, июль, август), осень (сентябрь, октябрь), в качестве дневного и ночного времени приняты соответственно часы освещенной и неосвещенной ионосферы (зависящие от трассы и сезона). Для всех комбинаций гелиогеофизических условий в диапазоне высот  $50 \text{ км} \leq h \leq 85 \text{ км}$  были получены функции плотности вероятности температуры и плотности нейтральной атмосферы, а также концентраций малых нейтральных составляющих. Для оценки  $q$  были рассмотрены основные источники ионизации D-области.

Далее согласно полученным распределениям генерировалось  $N$  высотных профилей параметров ( $N$  определяется сходимостью ряда функций плотности вероятности каждого из параметров), и с ними решалась выбранная система уравнений ионизационно-рекомбинационного цикла.

Сравнительный анализ полученных медианных и наиболее вероятных значений  $N_e$  показал, что на некоторых высотах они могут существенно отличаться друг от друга в зависимости от выбранных гелиогеофизических условий. То есть функции плотности вероятности  $N_e$  (как и остальных нейтральных и заряженных составляющих D-области ионосферы) в общем случае не подчиняются нормальному закону распределения. Отсюда сделан вывод, что медианными значениями (и тем более средними) невозможно корректно описать среду, и поэтому необходим переход к функциям плотности вероятности.