

Статистическая модель среднеширотного спорадического слоя E ионосферы: этапы и принципы разработки

С.С.Лисова

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Институт динамики геосфер РАН

Как известно, спорадический слой E ионосферы серьезно влияет на распространение радиоволн, прежде всего, КВ диапазона и, отчасти, СДВ и ДВ.

К настоящему времени опубликовано большое количество экспериментальных и теоритических исследований E_S – слоя и разработан целый ряд его моделей (см., напр., [1-3]).

Основные принципы построения вероятностно-статистических моделей уже были реализованы при создании статистической модели D-области [4,5] в интересах расчета распространения СДВ-ДВ. Оказалось, что такой подход к моделированию ионосферы является весьма перспективным и актуальным, как с научной, так и сугубо с прикладной точек зрения.

Цель доклада – обсуждение методологии создания статистической модели E_S – слоя.

Так как теоретическая модель E_S достаточно сложна, при разработке статистической модели естественно было опереться на экспериментальные данные. В нашем распоряжении оказались многолетние измерения разных параметров области E на 12 цифровых ионозондах [6], расположенных в европейском регионе. Таким образом, первый этап разработки модели E_S заключался в анализе отмеченного весьма большого объема данных, выделении из него сведений, характеризующих только E_S (это – максимальная концентрация электронов n_{em} и высота максимума h_m) и создание соответствующего банка данных. Известно, что возникновение, поведение во времени и характеристики спорадического слоя E существенно зависят от гелиогеофизических условий. Последние были разбиты на 12 ситуаций, включающих два уровня солнечной активности (низкую, $F_{10,7} < 110$, и высокую, $F_{10,7} \geq 150$), три сезона (зима, равноденствие, лето) и два времени суток (день, LT=10-18ч. и ночь, LT=0-4ч.) Под эти ситуации и был сконструирован банк данных по n_{em} и h_m .

Второй этап состоял в расчете математического ожидания M и среднего квадратического отклонения σ для n_{em} и h_m в каждом пункте наблюдения. Анализ результатов расчетов показал, что n_{em} имеет ярко выраженную сезонную зависимость и небольшой разброс (σ малы) независимо от солнечной активности и времени суток, а h_m практически не зависит от сезона, но разброс в значениях достаточно велик.

Расчет вероятности P появления E_s – слоя был проведен для каждого пункта измерений и каждой гелиогеофизической ситуации. Методология расчета заключалась в следующем: по банку данных оценивалось общее время существования E_s , которое делилось на 8 часов (день) или на 4 часа (ночь). Наибольшие величины P наблюдаются в летние месяцы, что хорошо согласуется с [1-3].

Заключительный этап разработки состоял в выявлении законов распределения и определении их характеристик. Проанализированные результаты демонстрируют полное соответствие нормальному закону распределения.

С помощью представленных здесь результатов можно разработать логическую схему статистической модели среднеширотного слоя E_s и рекомендаций по ее использованию в расчетах распространения КВ на разных трассах.

Некоторые полученные результаты были доложены на III Всероссийском семинаре-совещании «Триггерные эффекты в геосистемах» [7].

Литература

1. Чавдаров С.С., Часовитин Ю.К., Чернышева С.П., Шефтель В.М. Среднеширотный спорадический слой E ионосферы. – М.:Наука. – 1975. 120 с.
2. Гершман Б.Н., Игнатъев Ю.А., Каменецкая Г.Х. Механизмы образования ионосферного спорадического слоя E на различных широтах. – М.:Наука. – 1976. – 106 с.
3. Максютин С.В. Вариации параметров слоя E_s и мезотермосферного ветра в зависимости от геогелиоактивности. – Диссертация. – Казанский государственный университет. – 2004. – 137с.
4. Козлов С.И., Ляхов А.Н., Беккер С.З. Основные принципы построения вероятностно-статистических моделей ионосферы для решения задач распространения радиоволн// Геомagnetизм и аэрономия. – 2014. – Т.54.№6. – с.767-779.
5. Беккер С.З. Статистическая модель D-области ионосферы. Сопоставление радиофизических расчетов по распространению СДВ-ДВ с экспериментальными данными// Тр.ХVII Всерос. научно-практической конф. «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – С.-Пб. – 2014. – Т.1.С.
6. http://www.ukssdc.ac.uk/cgi-bin/digisondes/cost_database.pl
7. Беккер С.З., Козлов С.И., Лисова С.С., Ляхов А.Н. Статистическая модель среднеширотного спорадического слоя E ионосферы: этапы и принципы разработки//Тезисы доклада III Всероссийского семинара-совещания «Триггерные эффекты в геосистемах». – Москва. – 2015. – с.13-14.