

Нижняя ионосфера как источник излучения для дистанционной пассивной локации

Степанов И.Г.¹, Манжелей М.И.², Борчевкина О.П.^{3,4}, Дьяков Ю.А.^{1,5},

Берлин А.А.¹, Ванг П.К.^{5,6}, Голубков Г.В.^{1,7},

Карпов И.В.^{3,4}, Эппельбаум Л.В.⁸, Голубков М.Г.¹

e-mail: *ilyastep91@mail.ru*

1. ФИЦ химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, Москва, Россия
2. Центр химической физики атмосферы, Москва, Россия
3. КФ ИЗМИРАН, Калининград, Россия, Москва, Россия
4. БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия
5. Академия Синика, Тайбэй, Тайвань
6. Национальный университет Ченг Кунг, Тайнань, Тайвань
7. НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия
8. Тель-Авивский университет, Тель-Авив, Израиль

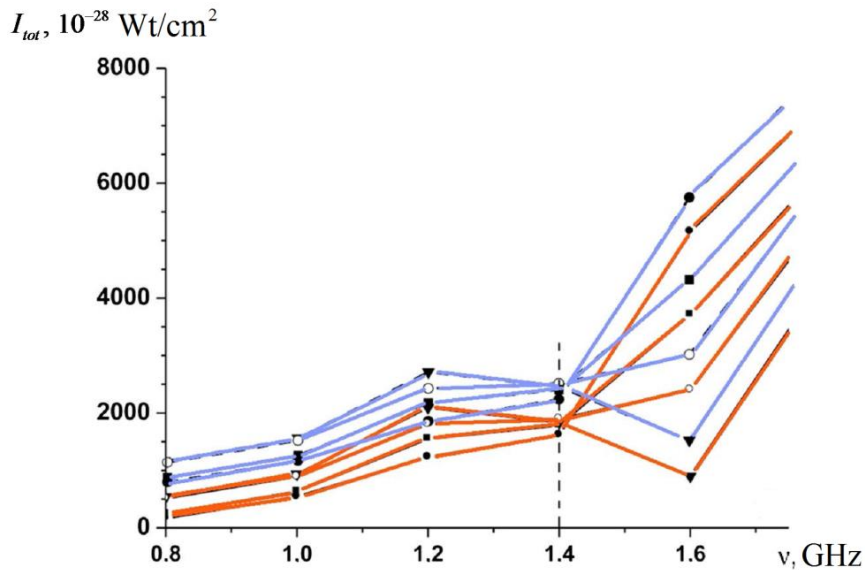
Цель работы

К физико-химическим процессам, протекающим в нижней ионосфере Земли с участием электронно-возбужденных состояний, в настоящее время проявляется значительный интерес, что связано, в первую очередь, с проблемами дистанционной пассивной локации поверхности Земли. Спонтанный рост солнечной активности сопровождается значительным увеличением электромагнитного излучения, которое приводит к заметным возмущениям среды распространения. Они являются причиной сбоев в работе глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), функционирующих в частотном диапазоне 1.2–1.6 ГГц на высотах 60–110 км.

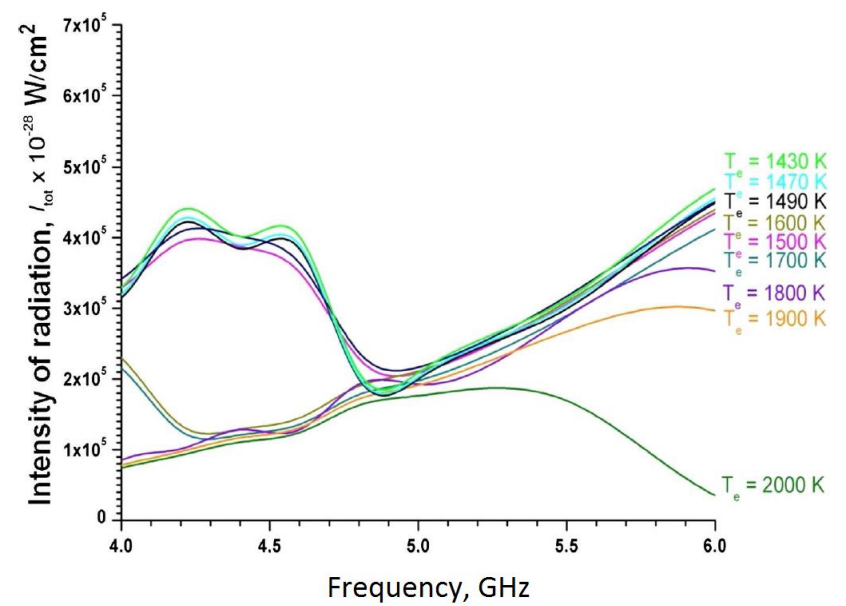
В настоящей работе дано описание существующих проблем дистанционного зондирования поверхности Земли, которые тесно связаны друг с другом, и указаны возможные пути их решения. Рассмотрены спектральные свойства некогерентного СВЧ излучения неравновесной плазмы в E и D слоях ионосферы, которые расположены на высотах 60–110 км ниже орбитальных спутников. Показано, что это излучение является основным источником для пассивной локации на частоте 1.4 ГГц. Предложена кардинальная перестройка общей схемы проведения измерений и разработаны необходимые технические условия для ее реализации. В заключение поставлен вопрос о корректной калибровке измерительного оборудования.

СВЧ-излучение D и E слоев ионосферы

Пассивное зондирование подразумевает использование естественного излучения для определения свойств поверхности Земли, которое проводится обычно с приемниками, работающими на частоте 1.4 ГГц, поскольку на этой частоте имеется однопараметрическая зависимость мощности сигнала от концентрации электронов.



(а)



(б)

Рис. 1. Зависимость мощности потока СВЧ-излучения от частоты ν для различных значений температуры электронов. (а): оранжевые линии соответствуют концентрации электронов $n_e = 10^4 \text{ см}^{-3}$, синие – $n_e = 1.2 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$, (б) – концентрация электронов равна 10^4 см^{-3} .

Метод измерений

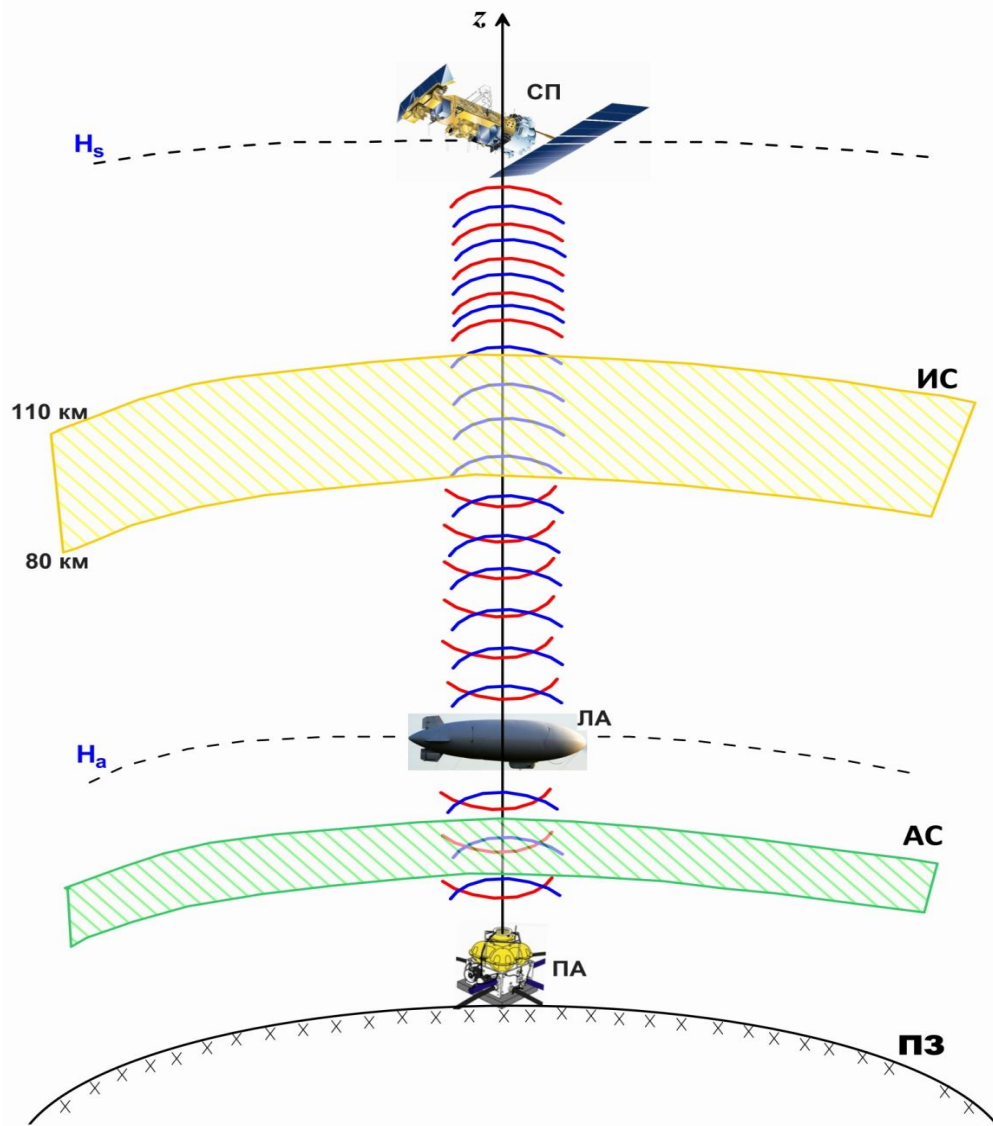


Рис. 2. Схема измерений методом пассивной локации, где ИС – излучающий слой, АС – заряженный аэрозольный слой, ПЗ – поверхность Земли, СП – низкоорбитальный спутник, ЛА – летательный аппарат (дирижабль), ПА – расположенный вблизи поверхности приемник некогерентного СВЧ излучения. Красные линии — прямое излучение вверх и вниз из D и E ионосферных слоев; синие линии — излучение, отраженное от поверхности Земли. Пунктирные линии и задают траектории движения спутника и дирижабля.

Выводы

Целью этой работы являлось объяснение большого количества наблюдаемых явлений, которые вплоть до настоящего времени не получили объяснения. Впервые предложена теоретически обоснованная принципиально новая схема измерений, в которой источник излучения находится ниже спутника и учитывается тот факт, что на приемник на спутнике приходит два типа излучения: прямое и отраженное. Разделение этих излучений представляет собой отдельную самостоятельную проблему, без решения которой правильно интерпретировать результаты эксперимента практически невозможно.

Новый комплексный самосогласованный метод, предлагаемый в работе, основан на сочетании измеряемых (с учетом поглощения) и рассчитываемых по программе «Ридберг» (без учета поглощения) величин. Эти данные в совокупности позволяют определить факторы ослабления мощности потока при распространении излучения из D слоя до дирижабля и от дирижабля до поверхности Земли и коэффициент отражения от поверхности Земли. Важно отметить, что вычисления и измерения, проведенные отдельно друг от друга, к желаемому результату не приведут.