

### **III. Основные направления исследований, полученные результаты, главные публикации**

1.) Детально исследованы спектральные и динамические характеристики искусственных ионосферных неоднородностей с размерами поперёк геомагнитного поля от долей метра до десятков километров, построена эмпирическая модель их развития и релаксации. Изучены особенности генерации и свойства сверхмелкомасштабных (дециметровых) искусственных ионосферных неоднородностей, когда частота волны накачки в области её взаимодействия с плазмой немного превышает частоту гармоника электронного циклотронного резонанса. Показано, что эффект «магнитного зенита» оказывает существенное влияние на взаимодействие мощной радиоволны О-поляризации с плазмой на средних широтах, определяя свойства возбуждаемой ИИТ и искусственных ионосферных неоднородностей. (№№ 21, 27, 42, 55, 84, 87, 91, 109, 137, 164, 165, 181, 182, 187, 193).

\*Ссылки здесь и ниже приводятся по номерам публикаций по списку раздела 2 (List of publications).

2.) Разработаны методы управления характеристиками ИИТ за счёт выбора поляризации, частоты и мощности волны накачки, временного режима её излучения и ориентации диаграммы направленности пучка мощных радиоволн. (№ 185).

3.) Изучены спектральные и динамические характеристики основных компонент искусственного радиоизлучения ионосферы (ИРИ) во всём диапазоне частот стенда СУРА от 4.3 до 9.5 МГц. Разработаны схемы диагностики искусственных высокочастотных и низкочастотных плазменных возмущений с помощью ИРИ. Разработан метод диагностики плазменных возмущений с помощью ИРИ. (№№ 18, 29, 30, 33, 35, 38, 39, 41, 43-46, 56, 59, 68, 76, 83, 179, 185).

4.) На стенде СУРА методом низкоорбитальной радиотомографии впервые выполнены исследования пространственной структуры возмущённой области ионосферы. Установлено, что, хотя основная доля энергии

волны накачки выделяется в локальной области ионосферы, определяемой размером диаграммы направленности в горизонтальной плоскости (50 – 100 км) и вертикальным размером, определяемым характерными длинами термодиффузионных процессов (5 – 30 км в F<sub>2</sub>-области), возмущения концентрации плазмы для вечерних и ночных условий проведения измерений наблюдаются в гораздо большем объеме ионосферы: до 500 км в горизонтальном направлении и, по крайней мере, в диапазоне высот от 100 до 1000 км. (№№ 69, 87, 129, 178).

- 5.) Обнаружено, что модификация F<sub>2</sub>-области ионосферы приводит к появлению уже через несколько секунд на высотах E-области искусственных ионосферных неоднородностей с размерами порядка нескольких сотен метров. (№№ 111, 134, 189).
- 6.) С помощью французского микроспутника DEMETER выполнены детальные измерения свойств плазменных и электромагнитных возмущений на высоте 660 км, которые индуцируются во внешней ионосфере при модификации F<sub>2</sub>-области мощной радиоволной O-поляризации. Обнаружено формирование дактов с избыточной плотностью плазмы и изучены их свойства. (№№ 89, 92, 113, 142, 168, 191).
- 7.) С помощью спутников серии SWARM изучены свойства искусственных плазменных возмущений на высотах 450 – 500 км. Обнаружена генерация продольных электрических токов. (№№ 192, 206, 218).
- 8.) Изучены характеристики перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ), возбуждаемых при периодическом и моноимпульсном нагреве ионосферы мощными радиоволнами. Определены оптимальные режимы излучения мощных радиоволн для их генерации. Показано, что ПИВ могут распространяться до 1000 км и более от области их генерации, изменяя характеристики среды распространения радиоволн. (№№ 115, 130, 140, 141, 163, 207, 219).
- 9.) Изучены особенности нагрева ионосферной плазмы мощными радиоволнами X-поляризации и их влияние на генерацию ИИТ. (№№ 48, 135, 146).

- 10.) Изучены свойства высыпаний энергичных электронов из радиационного пояса Земли, стимулированных нагревом F2-области среднеширотной ионосферы мощными КВ радиоволнами. (№№ 208, 214, 220, 223).
  
- 11.) Кроме перечисленных выше выполнялись исследования по воздействию модификации ионосферы мощными КВ радиоволнами на интенсивность микроволнового излучения в линии озона (№№ 131, 143), на генерацию авроральной активности (№№ 133, 139), на генерацию всплесков микроволнового излучения с ионосферных высот (№ 209).