**ПРИМЕНЕНИЕ ФАР ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ СЛОЕВ ИОНОСФЕРЫ РАДИОВОЛНАМИ КВ ДИАПАЗОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЛОЖНОГО СИГНАЛА**

**Моисеев И.А.1, Мингалев И.В.2, Никишов В.В.3, Суворова З.В.2, Мерзлый А.М.4,   
Янаков А.Т. 1, Шубин В.Н. 5**

**1***ИКИ РАН, г. Москва, Россия,* [*moiseeviaiki@yandex.ru*](mailto:moiseeviaiki@yandex.ru)

**2***Полярный геофизический институт, г. Аппатиты, Россия,* [*iv-mingalev@yandex.ru*](mailto:iv-mingalev@yandex.ru)

**3***ООО «ОКБ «ЭЛАНОР», г. Москва, Россия,* [*v.nikishov@elanor.su*](mailto:v.nikishov@elanor.su)

**4***Совет по космосу РАН, г. Москва, Россия,* [*pinega142@yandex.ru*](mailto:pinega142@yandex.ru)

**5***ИЗМИРАН, г. Москва, Россия*

В данной работе обсуждаются новые возможности наклонного зондирования ионосферы с использованием антенн с кольцевыми активными фазированными решетками, которые обеспечивают формирование узкой диаграммы направленности КВ радиосигнала по углу места и азимуту лучевых траекторий для передачи и приема радиосигнала, что позволяет достаточно точно определить положение области, в которой происходит отражение лучевых траекторий от ионосферы, и определить концентрацию электронов в этой области. Таким образом, создаются условия для обеспечения высокой точности измерения пространственных и качественных параметров ионосферы.

Применение сложного радиосигнала на сетке частот излучения необходимо для уточнения диапазона рабочих частот, прогнозирования параметров ионосферы на краткосрочный интервал времени, коэффициента «удлинения» Кτ трасс прохождения радиосигнала и ионосферной составляющей азимутальной девиации Δβ для заданного сектора наблюдения и дальности. В этих целях оцениваются параметры радиосигнала: надежность переданной информации, отношение сигнал/шум, диапазон частот радиосигнала, степень ослабления радиосигнала, время задержки переданного радиосигнала [1].

Представлен анализ данных среднеширотной радиотрассы и проведено сравнение этих данных с результатами численного моделирования прохождения КВ сигналов по этой радиотрассе [2]. Для моделирования использовалась численная модель расчета лучевых траекторий коротких радиоволн в приближении геометрической оптики с учетом анизотропии ионосферной плазмы и поглощения за счет столкновений электронов без каких-либо упрощений. Для расчета концентрации и температуры электронов в ионосферной плазме используется глобальная эмпирическая модель ионосферы ГДМИ, разработанная в ИЗМИРАН. Для расчета частоты столкновений электронов используются концентрации нейтральных составляющих атмосферы и их температура, рассчитанные с помощью эмпирической модели NRLMSISE-00. Показано, что наклонное зондирование ионосферы с измерением углов прихода лучевых траекторий в приемную антенну имеет большое преимущество по сравнению с обычным наклонным зондированием ионосферы без измерения указанных углов.

1. Никишов Д.В., Никишов В.В. Система декаметровой связи через ионосферу// Патент Российской Федерации на изобретение № 2680312 от 20.02.2019.

2. Мингалев И.В., Суворова З.В., Шубин В.Н., Мёрзлый А.М., Тихонов В.В.,   
Талалаев А.Б., Мингалев В.С. Отличия прогнозов условий КВ-радиосвязи между передатчиком на средних широтах и приемником в арктическом регионе при использовании различных эмпирических моделей ионосферы//Геомагнетизм и аэрономия, том 61, № 4, 2021 г., с.506-519.