

Авроральные явления и их воздействие на работу радиолокационных станций в северных широтах

Э.И. Шустов, А.В. Щербинко

E-mai: aleksandr-shherbinko@yandex.ru

Природа воздействия авроральных явлений на распространение радиоволн изучалась в различных работах, однако в радиолокации такие воздействия на РЛС мало изучены. Такие явления могут препятствовать работе РЛС связанной с обеспечением полетов авиации.

На практике проверены предложенные способы и методы защиты РЛС от аврорального влияния в условиях Арктики.

Nature of auroral phenomena impact on radio waves propagation has been studied in various works, though their effect on radar operation has been poorly investigated. Such phenomena can interfere with operation of radars controlling air traffic.

Proposed methods and techniques of radar protection from auroral influence have been studied in practice.

«Но где ж, натура, твой закон?
С полночных стран грядет заря!
Не Солнце ль ставит там свой трон?
Не льдисты ль мещут огонь моря?
Се хладный пламень нас покрыл!
Се в ночь на Землю день вступил!»
М. В. Ломоносов

Авроральные явления в виде полярных (или северных) сияний как оптические явления имеют весьма разнообразные формы, включая проблески, пятна, однородные дуги и полосы, пульсирующие дуги и поверхности, лучи, лучистые дуги и короны (рисунок 1). Свечение начинается в виде сплошной дуги, которая является одной из самых обычных форм. Яркость может быть одной интенсивности либо изменяясь во времени, пульсировать с периодом менее минуты. Если яркость сияния увеличивается, однородная форма часто распадается на лучи, лучистые дуги, короны, в которых лучи как бы сходятся к вершине.

Природа полярного или северного сияния изучалась в различных работах, так, например, при анализе измерений аврорального излучения в эксперименте «ПОЛЬРАД» на спутнике «ИНТЕРБОЛ-2» показано, что мощность излучения выше естественных шумов в 20-70 раз и имеет амплитудную модуляцию 40-60с.



Рис. 1. Вид аврорального явления, (северного сияния) снимок взят из интернета

Однако в радиолокации авроральные воздействия на радиолокационные станции (РЛС) мало изучены. На практике РЛС сантиметрового и дециметрового диапазона подвергаются авроральному воздействию незначительно. Наиболее подвержены авроральным воздействиям РЛС метрового диапазона.

По отчетам множества наблюдений на Аляске, в Канаде и, особенно в Норвегии, можно судить, что около 94% полярных сияний происходит на высотах от 90 до 130 км над земной поверхностью, хотя для разных форм полярных сияний характерно свое собственное высотное положение. Максимальная до сих пор зарегистрированная высота появления полярного сияния - около 1130 км, минимальная - 60 км.

Исследования авроральных явлений с помощью РЛС показали, что радиоволны с частотами от 10 до 100 МГц при определенных условиях отражаются областями ионизации, которые возникают в высоких слоях атмосферы под воздействием полярных сияний. При использовании высокочастотных радиосигналов и антенн дальнего действия можно получать отраженные волны на частотах до 800 МГц. Радиолокационным методом ионизация обнаруживается даже днем при солнечном освещении, а также фиксируются очень быстрые перемещения полярных сияний. Кроме вторичных отражений от ионизированной области наблюдаются также в определенных полосах частот шумовые сигналы иногда значительной интенсивности. Протяженность таких шумовых сигналов незначительная от 2 до 5 градусов по углу места.

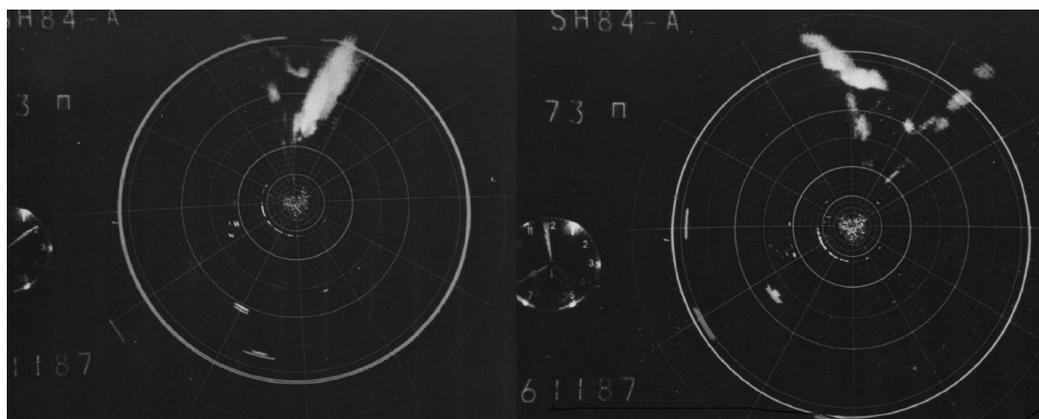


Рис. 2. Вид индикатора метровой РЛС в Арктике с отображением авроральных явлений.

Северные сияния создают помехи как для обычных РЛС, так и для загоризонтных РЛС. На экранах индикаторов РЛС эти помехи появляются в виде мощных видеосигналов, среди которых практически невозможно обнаружить действительные цели (Рис 2). По данным зарубежной печати, эта проблема особенно остро встала перед специалистами ВВС США в связи с их стремлением использовать загоризонтные РЛС для обнаружения пусков ракет при наблюдении через Северный полюс. Кроме создания помех, северные сияния нарушают стабильность пути распространения электромагнитной энергии, когда отражающий участок ионосферы расположен в районе северного сияния и даже тогда, когда он находится в стороне от него. В последнем случае помехи попадают в приемное устройство станции по боковым лепесткам диаграммы направленности приемных антенн. Для изыскания возможности устранения воздействий северных сияний на работу РЛС американские специалисты провели на Аляске в 1973-1974 годах специальные исследования по программе "Поляркэп-3", в процессе которых были получены положительные результаты и найдена возможность использования загоризонтных РЛС, находящихся на Североамериканском континенте для наблюдения через Северный полюс.

Радионаблюдения за полярными сияниями в Кируне (Швеция), проводившиеся с мая 1951 г. по март 1952 г., вскрыли тесную связь сияний с магнитными возмущениями.

Средняя высота сияний в Кируне, определенная радиолокатором, оказалась равной 120 км.

Наблюдения за полярными сияниями в Канаде проводились, начиная с 1948 г., на трех частотах: 3000, 106,5 и 56 МГц. Однако отраженные импульсы были получены только на двух последних частотах, соответствующих длинам волн 2,82 м и 5,35 м. Отношение амплитуд одновременных радиоэхо этих двух частот изменялось в широких пределах. Эхо от 56 МГц появлялось чаще, раньше и продолжалось дольше, чем эхо от 106 МГц. Эхо от сияний имело сложную тонкую структуру и быстро менялось. Наличие такой тонкой структуры эха говорит о существовании в сиянии множества отражающих центров. Отражения лучше получались от низких сияний средней яркости, имеющих лучистую структуру. Предполагается, что радиоволны отражаются в том случае, если они падают перпендикулярно к поверхности сияний лучистой структуры. Отражения от диффузных сияний были очень слабыми.

Обработкой данных обнаружено, что отражения на частотах 106 МГц чаще следовали от областей, расположенных близко к зоне сияний, а на частотах 56 МГц — от мест, расположенных южнее зоны. Отношение числа одновременных отражений, полученных на частотах 56 МГц и 106 МГц, обнаруживает резкий максимум на геомагнитной широте 67°. Этот факт показывает, что имеет место уменьшение к югу числа случаев полярных сияний, способных отражать радиоволны, посылаемые радиолокатором. По-видимому, области с большой ионной плотностью, хорошо отражающие радиоволны, связанные с

сияниями, образуются чаще вблизи зоны сияний. Во время очень сильных полярных сияний может образоваться ионизированная область поглощения радиоволн. Область аномального (или полярного), сильного поглощения радиоволн следует отнести к интервалу высот от 70 до 90 км, где расположен нижний край очень ярких сияний, связанный с проникновением на эти уровни более интенсивных корпускулярных потоков.

Таким образом, совершенствование и усложнение радиотехнических систем связи, радиолокации, навигации и т.п., размещение их в околоземном космическом пространстве, высокая цена ошибок при распознавании и классифицировании сигналов, получаемых ими, выдвигают в число важных проблем описание динамики и детализацию спектра естественного электромагнитного фона в широком диапазоне частот. Естественные спорадические радишумы ограничивают потенциал чувствительных широкополосных радиотехнических систем. Изучение вариаций эквивалентной шумовой температуры ионосферы в УКВ диапазоне представляют также интерес для повышения надежности результатов зондирования поверхности Земли из космоса с помощью бортовых радиометров, особенно, когда дело касается оперативной диагностики поверхностей с изменчивыми свойствами (например, ледяного покрытия океана). Эта сторона вопроса также требует специальных исследований, основой для которых должна быть по возможности полная информация о свойствах спорадического ионосферного радишума.

Схема отражения радиоволны от области полярного сияния (только определенные лучи, отраженные от полярного сияния, возвращаются на Землю) приведена на Рисунке 3.

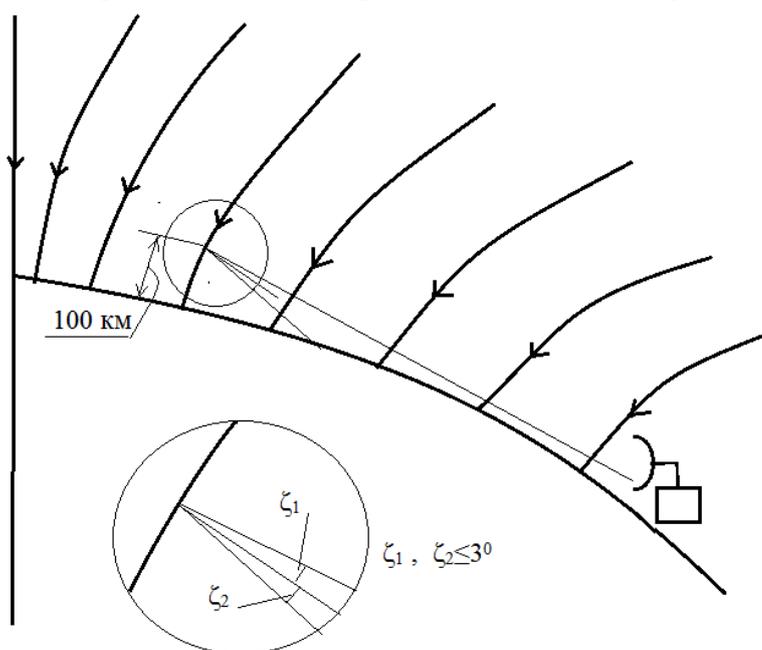


Рис. 3. Схема отражения радиоволн от ионизированных областей полярного сияния

Как уже отмечалось, при появлении пятен на Солнце, расположенных в районе $\pm 16^\circ$ солнечной широты, испускаемое Солнцем радиоактивное излучение практически не достигает поверхности Земли. С приближением пятен к экватору Солнца интенсивность излучения Солнца, достигающая поверхности Земли, значительно возрастает, что приводит к возрастанию интенсивности полярных сияний.

Таким образом, перспективы исследований ионосферного УКВ радишума связаны не только с диагностикой области источника, но и с прогнозом фоновой электромагнитной

обстановки во время геомагнитных возмущений и искусственных воздействий на околоземную среду.

Способы и методы защиты РЛС от аврорального влияния были проверены в условиях Арктики. Поскольку ионизированные области имеют достаточно устойчивую природу, то применение аппаратуры селекции движущихся целей позволит снизить интенсивность отраженных сигналов, а шумовые источники электромагнитного аврорального излучения могут быть ослаблены путем использования сложных сигналов (ФКМ, ЛЧМ).

Литература

1. Исаев С.И., Пушков Н.В. Полярные сияния. М., 1958 -112с.
2. Омхольт А. Полярные сияния. Пер. с англ., М., 1974 - 250с.
3. Зарубежное военное обозрение №4 1975 С. 61-66 Развитие загоризонтной радиолокации в США. Полковник-инженер А. Васильев
4. Благовещенский Д.В., Жеребцов Г.А. Высокоширотные геофизические явления и прогнозирование коротковолновых радиоканалов. М., 1987.
5. Благовещенский Д.В., Жеребцов Г.А. ; ред. Поляков В.М. Высокоширотные геофизические явления и прогнозирование коротковолновых радиоканалов // ; АН СССР, Сиб. ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М.: Наука, 1987. - 272 с.
6. Трошичев О.А., Беспрозванная А.С., Макарова Л.Н. и др.; Под ред. Трошичева О.А. Ионосферно-магнитные возмущения в высоких широтах // Аркт. и антаркт. НИИ 255, Л. Гидрометеиздат, 1986.
7. Ляцкий В.Б. под ред. Брюнелли А.Е. Физика авроральных явлений, Л., Издательство: Наука Год: 1988 – 263 с.
8. Под ред. Дира Ч., Холтета Я., Полярная верхняя атмосфера. Пер. с англ. М., 1983 - 456с.