

ФИЗИЧЕСКО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ПРОМЕНЛИВО ГЕОМАГНИТНО ПОЛЕ С РАДИОВЪЛНИТЕ – ЕФЕКТИ ВЪРХУ КОМУНИКАЦИИТЕ

Мария Димитрова¹, Биляна Велчева², Деян Гочев¹, Пламен Тренчев¹

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

²Технически университет – София

e-mail: maria@space.bas.bg, biliv91@gmail.com, dejan@space.bas.bg ptrenchev@space.bas.bg

Резюме: В настоящата работа са разгледани физическите ефекти от промените в геомагнитното поле, предизвикани от слънчевата активност, върху разпространението на радиовълни в различни честотни диапазони.

Дискутирани са физичните процеси на разпространение на радиовълните в земната атмосферата от една страна, различните прояви на слънчевата активност от друга и резултатът от взаимодействието им върху комуникациите.

PHYSICAL INTERACTION BETWEEN GEOMAGNETIC FIELD VARIATIONS AND RADIO-WAVE PROPAGATION – INFLUENCE ON THE COMMUNICATION

Maria Dimitrova¹, Bilyana Velcheva², Dejan Gochev¹, Plamen Trenchev¹

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²Technical University – Sofia

e-mail: maria@space.bas.bg, biliv91@gmail.com, dejan@space.bas.bg ptrenchev@space.bas.bg

Abstract: In this work we discuss physical effects of geomagnetic field variations caused by solar activities over radio-wave propagation in different frequencies.

We describe first physical processes of wave propagation in Earth atmosphere, second – solar activity of different kinds and results of their interaction over communications.

Въведение

Основно средство за комуникация в съвременния живот е директното или сателитното радио разпространение в различните честотни диапазони.

При осъществяването му, освен апаратурната част, както при всеки физически процес, основна роля играе средата на разпространение. В случая това е земната атмосфера, съпътствана от геомагнитното поле.

Както атмосферата, така и магнитното поле на Земята не са хомогенни, а се променят във височина, географско положение, денонощно и случайно – под действие на външни фактори, а по-конкретно – в следствие на различните прояви на слънчевата активност.

Постоянните фактори се отчитат сравнително лесно, но влиянието на случайните вариации на геомагнитното поле и дифузните йоносферни електрически токове не могат да бъдат точно моделирани. Единственото, което може да се направи е тяхната природа, пространствени и временни характеристики да бъдат добре изучени и – въз основа на прогнозите за космическото време – ефектите от тях да бъдат качествено оценени и по възможност – компенсирани.

Честотни диапазони и практическото им приложение

В зависимост от честотата си (респективно – дължината на вълната), радиовълните се разделят на следните диапазони (Табл. 1) [1]

Таблица 1

Честотна лента	Честотен диапазон	Вълнов диапазон	Дължина на вълната
3–30 КХц	Много ниски честоти (МНЧ)	Милиметров	100–10 км
30–300 КХц	Ниски честоти (НЧ)	Километров	10–1 км
300–3000 КХц	Средни честоти (СЧ)	Хектометров	1–0.1 км
3–30 МХц	Високи честоти (ВЧ)	Декаметров	100–10 м
30–300 МХц	Много високи честоти (МВЧ)	Метров	10–1 м
300–3000 МХц	Ултра високи честоти (УВЧ)	Дециметров	1–0.1 м
3–30 ГХц	Свръхвисоки честоти (СВЧ)	Сантиметров	10–1 см
30–300 ГХц	Крайно високи честоти (КВЧ)	Милиметров	10–1 мм
300–3000 ГХц	Хипервисоки честоти (ХВЧ)	Децимилиметров	1–0.1 мм

Радиовълните с различна честота се разпространяват до различни максимални разстояния и съответно намират различно практическо приложение.

Електромагнитните вълни с голяма дължина на вълната (МНЧ и НЧ) имат свойството да дифрактират около наземните препятствия (сгради, планини и др.) и могат да се разпространяват на големи разстояния в приземния слой – до няколко хиляди километра, при което сигнала затихва бавно и плавно.

Средните вълни се разпространяват на големи разстояния благодарение на дифракция по земната повърхност, а нощем се отразяват и в йоносферата.

Късите вълни се разпространяват на големи разстояния основно нощем, благодарение на отразяването си в горните слоеве на йоносферата. Това са диапазоните от 20 до 30 MHz. Това позволява късите вълни (високо и свръхвисоко честотни диапазони) да се използват за предаванията на международни радиостанции. Сигнали с по-висока честота (около и над 100 MHz) могат само в редки случаи, поради промени в йоносферата да бъдат отразени от нея [2].

УКВ вълните се разпространяват до границата на пряката видимост и не се отразяват в атмосферата. Това позволява качествено излъчване на радиосигнал за ограничена територия.

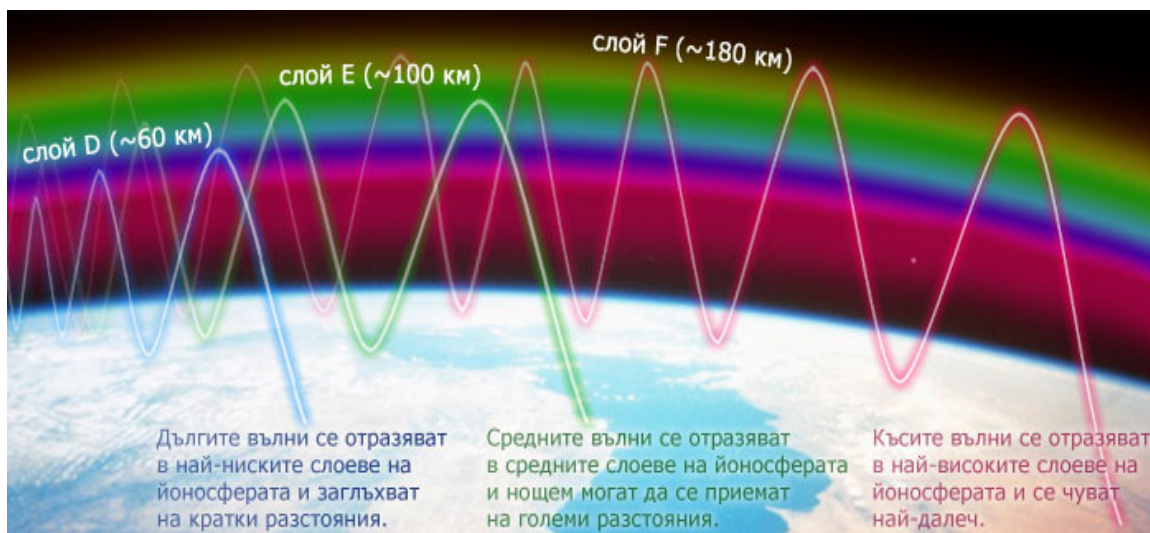
Свръх късите вълни - C-band (3-7 GHz), Ku-Band (11-15 GHz) и Ka-Band (18-40 GHz) са сектори от електромагнитния спектър в обхвата на свръх късите вълни, които се използват основно за сателитни радио- и телевизионни предавания от телекомуникационни спътници в околоземна орбита.

Използването на различните честотни диапазони 9 kHz-275 GHz се регулира от Международния съюз по телекомуникациите към ООН (International Telecommunication Union – ITU) [1, 2].

Взаимодействие на радиовълните с йоносферата и нейните промени

В горните слоеве на атмосферата действието на слънчевите ултравиолетови лъчи формира плътен пояс от йони, наречен йоносфера. Той започва на около 50 км. от земната повърхност и свършва на около 500 км от нея [1, 2, 3].

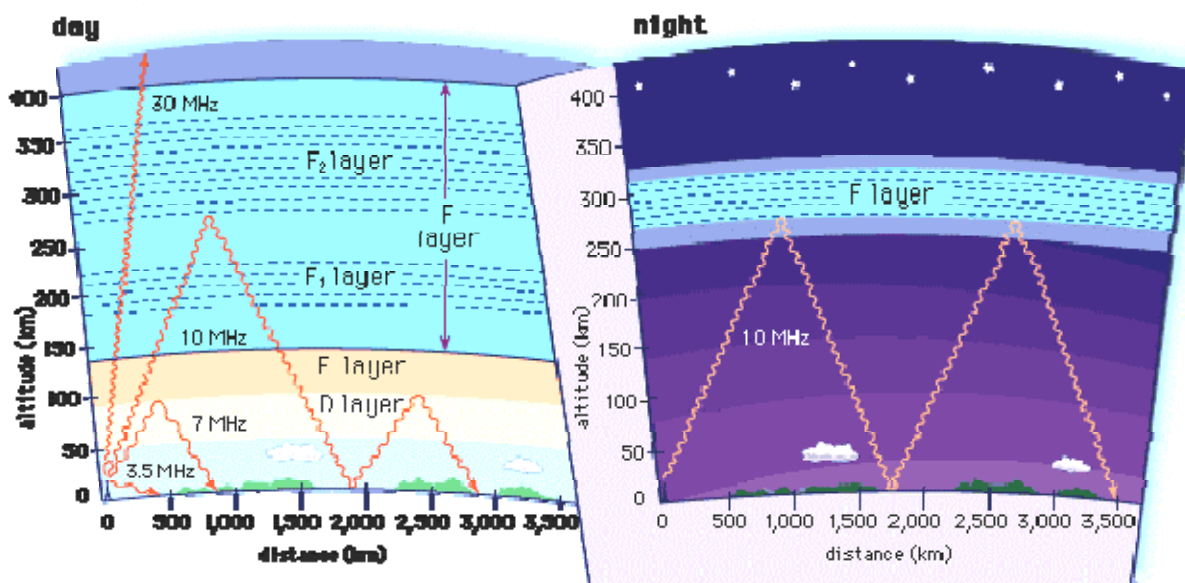
Йоносферата упражнява голямо внимание върху разпространението на електромагнитните вълни. Част от излъчената енергия от предавател към йоносферата е погълната от йонизирания въздух и друга е пречупена или пренасочена отново към повърхността на Земята. Този последен ефект позволява приемането на радиосигнали на разстояния много по-големи отколкото би било възможно с вълни, които пътуват по земната повърхност (фиг.1).



Фиг. 1

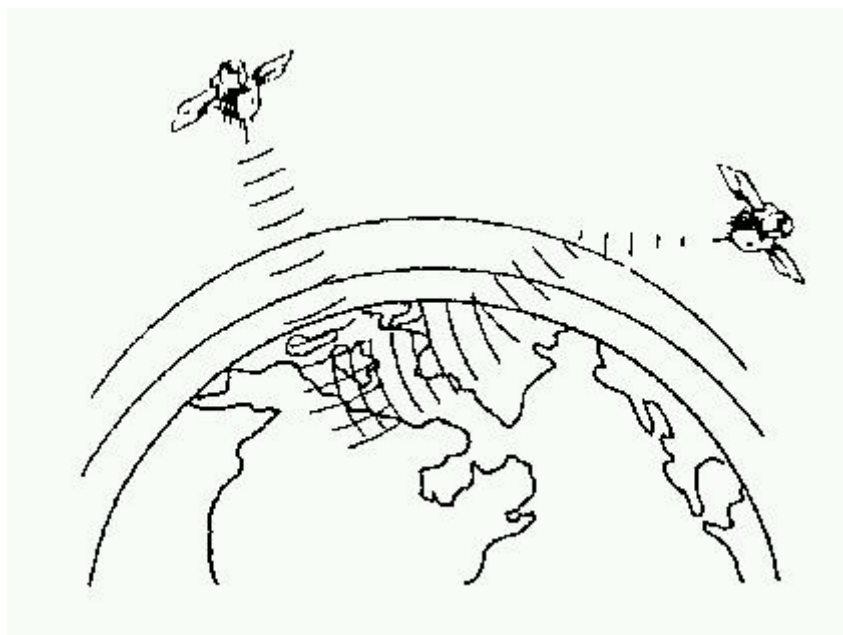
Йоносферата съдържа големи слоеве, означени с буквите D, E, F1 и F2, които имат голямо значение за радио предаванията, защото отразяват късите вълни и следователно могат да позволят връзките от един континент към друг.

Слой F се издига през нощта, следователно се сменят свойствата му на отражение (фиг. 2).



Фиг. 2

Йоносферата може да се разглежда като плазма, взаимодействаща си е електромагнитните вълни, разпространяващи се през нея. При честоти под определена граница, която зависи от електронната плътност на средата – наречена плазмена честота, електромагнитните вълни се отразяват от плазмата. Сигналите с по-високи честоти (обикновено над 30 MHz) преминават през нея и затова са подходящи за разпространение през сателит. Те, обаче, също взаимодействат с плазмата и ято изкривяват траекторията си (фиг.3) [3]



Фиг. 3

Както споменахме, образуването и поддържането на йоносферната йонизация на дадено ниво се дължи на потока ултравиолетово лъчение от Слънцето.. Този поток се формира в областите около слънчевите петна. Промените в броя и размера на петната, съответно, водят до промяна в потока ултравиолетови лъчи от страна на слънцето, а оттам водят и до промяна в свойствата на йоносферата – нейната отражателна способност (в това число и максималната честота на отразяване) към електромагнитните вълни.

Основните явления, които съпътстват вариациите във физическите параметри на йоносферата, касаещи радио разпространението са [3, 4, 5]:

- поглъщане
- разсейване
- пречупване (рефракция)
- сцинтилация
- Фарадеево въртене (на ъгъла на поляризация)
- Промяна на скоростта

Редица явления на Слънцето водят до промяна на параметрите на йоносферата.

Такива са:

- короналните изхвърляния на маса
- слънчеви изригвания
- коронални дупки
- разкъсвания на влакна
- радио- и рентгенови избухвания и др.

Слънчевите изригвания се съпътстват от потоци рентгенови лъчи, които повишават йонизацията в D слоя на йоносферата. Това е благоприятно за разпространението на дългите вълни. Средните и къси вълни, обаче, преминават през този слой два пъти при отражението си съответно от E и F слоевете. При повишаване на йонизацията му абсорбирането на тези сигнали силно нараства, което води до силно им затихване. Тези изригвания обикновено са краткотрайни, но могат да продължат и до няколко часа.

Йоносферата е нееднородна среда. При отражение в такава област се получават изкривявания или затихвания и затихвания. При преминаване на сигнал се наблюдава ефект на сцинтилация – силни вариации в силата на сигнала, както и до появата на нискочестотен шум.

В географско отношение, малки нееднородности има основно в полярните области и около магнитния екватор.

Под влияние на слънчеви изригвания се появяват нееднородности с различен мащаб във всяка една област на йоносферата.

Изкривяването на траекторията на преминаващите сигнали, насочени към и от сателитите в този случай е различно в различните област и силно пречи на радарното определяне на положението.

При преминаване на поляризирана светлина през магнитно поле се получава промяна на ъгъла на поляризация – Фарадеево въртене, който силно зависи от силата на магнитното поле, степента на йонизация и квадрата от честотата на електромагнитната вълна.

При промяна на параметрите на геомагнитното поле под влияние на слънчевата активност – това завъртане на ъгъла на поляризация силно се изменя както във времето, така и в пространството. Една геомагнитна буря може да продължи няколко дни, като различните области на Земята са засегнати в различна степен и по различно време.

Редица явления, проява на слънчевата активност, водят до повишаване на потока високоенергетични протони към Земята. Този поток се мени в големи граници и повишаването му трае до няколко дни.

Вариациите в протонния поток естествено водят до промяна в йонизационната плътност и височината на йоносферата, а оттам – и върху характеристиките ѝ, влияещи на радио разпространението.

Заклучение

Проявите на слънчева активност силно променят параметрите на йоносферата, които влияят чувствително върху пропускането, абсорбирането или отражението на радиовълни от нея.

Вариациите на слънчевата активност имат широк времеви, пространствен и енергетичен диапазон, откъдето и влиянието им е много различно.

Проявите на слънчевата активност могат да бъдат предсказвани с добра точност поне в глобален мащаб и следва тези прогнози да се взимат под внимание от собствениците и ползващите със стопанска цел комуникационни канали.

Литература:

1. The impact of space weather on communication, Yurdanur K. Tulunay, Peter A. Bradley, Annals of geophysics, supplement to v. 47, N 2/3, 2004, 929
2. Как се разпространяват радиовълните, <http://www.predavatel.com/bg/spravochnik/waves>
3. Space weather support for communications, <http://www.fas.org/spp/military/docops/usaf/2020/app-g.htm>
4. Communications and Space Weather, Richard Thompson, Australian Government, Bureau of Meteorology, Radio and Space Weather Services, <http://www.ips.gov.au/Educational/1/3/4>
5. Satellite Communications and Space Weather, John Kennewell and Andrew McDonald, Australian Government, Bureau of Meteorology, Radio and Space Weather Services, <http://www.ips.gov.au/Educational/1/3/2>