

АКТУАЛНО СЪСТОЯНИЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА ВЛИЯНИЕТО НА СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ ВЪРХУ РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО НА РАДИОВЪЛНИТЕ

Анушка Станчева, Георги Петров, Пламен Цветков, Васил Къдрев, Ангел Александров, Биляна Бенкова

STATE OF THE RESEARCH ON SOLAR ACTIVITY IMPACT ON THE RADIO WAVES PROPAGATION

Anushka Stancheva, Georgi Petrov, Vasil Kadrev, Plamen Tzvetkov, Angel Alexandrov, Bilyana Benkova

Резюме: Настоящата публикация прави обзор над актуалното състояние и значение на слънчевата активност върху излъчването и разпространението на радиовълните. Обсъдени са световните тенденции и състоянието на научните изследвания в тази посока. Анализирани са мрежите за сътрудничество и обмен на информация между заинтересованите страни.

Ключови думи: космично време, разпространение на радиовълните, слънчева активност.

Abstract: This publication reviews the current status and importance of solar activity influence on the radio waves propagation during different conditions. We analyze the worldwide trends and the state of scientific research in this direction as well as the networks for cooperation and exchange of information between stakeholders.

Keywords: Space weather, radio wave propagation, sun activity.

1. АКТУАЛНОСТ НА ПРОБЛЕМАТИКАТА

Основен фактор за развитие на живота и състоянието на техносферата върху нашата планета е Слънцето. Терминът космическо време (Space weather) се използва обобщаващо за характеризирани процесите и явленията, отнасящи се към динамичните условия на околната среда в магнитосферата, йоносферата и термосферата на Земята, които основно са резултат от слънчевата активност и слънчевия вятър [1]. Тези явления влияят на биосферата, климата и естествено върху безотказното функциониране и надеждността на електрическите, електронните и комуникационни системи. Световната, и в частност Европейската икономика, развива екстензивно секторите, зависещи от модерните компютърни и комуникационни технологии. Всички технологични и инфраструктурни системи могат да бъдат потенциално засегнати от резки промени в космическото време. Секторите, повлияни от слънчевата активност, варират от спътниковите комуникационни системи, наземното радио и телевизионно разпръскване, метеорологичните услуги и навигацията, до електроразпределителните системи и мрежи, включително и наземните комуникации и тръбопроводния транспорт. Ето защо събирането и анализирането на данни, свързани с въздействието на слънчевата активност, се използват за създаване на модели и алгоритми за прогнозиране и подобряване на средствата за динамичен мониторинг с цел минимизиране на ефектите на йоносферните смущения, предизвикващи отказ и проблеми в радиокомуникационните връзки. Резките изменения в слънчевата активност основно могат да бъдат регистрирани като три типа аномалии според силата на въздействие:

- Радиочестотното затъмнение основно се предизвиква от излъчване на йонизиращи лъчения (рентгенови лъчи) съприкосновението, на които с йоносферата предизвиква повишена йонизация на височина 60-90 км. над земната повърхност. Това е съпроводено с нагряване на атмосферата от UV лъчението. Този тип електромагнитно смущение се разпространява практически мълниеносно и е реално невъзможно да бъдат взети превантивни мерки, тъй като неговото проявление е незабавно и зависи изцяло от йоносферното състояние. Значението на този вид смущения за различните радиочестотни служби се изразява в повишаване на шумовия фактор и прекъсвания в HF диапазона (3-30MHz).

- Слънчевите бури, съпроводени с изхвърлянето на заредени частици, допълнително ускорени от слънчевото изригване и изхвърлянето на коронарна маса в космичното пространство, могат да бъдат предварително регистрирани, тъй като обикновено тези феномени са предшествани от радиочестотно излъчване няколко минути преди детектирането на самото събитие. Разпространението на подобни енергийни частици през космичното пространство (149 милиона километра) отнема между 30 минути до няколко часа. Този тип аномалии имат основно биологичен ефект над астронавтите, екипажите на самолетите и техните пасажери. Технологичното значение е основно върху повреди и смущения в работата на електронното оборудване, намиращо се в спътниците и самолетите, при по-силни въздействия вредни ефекти могат да бъдат регистрирани дори в наземното оборудване, съчетано с радиозатъмнения в HF диапазона основно около полярните региони.

- Геомагнитните бури се предизвикват от директното съприкосновение на заредените частици със земната атмосфера и могат да възникнат до два дни в зависимост от скоростта на разпространение на изхвърлените от Слънцето заредени частици през космическото пространство. Проявленията им могат да варират значително по отношение на времето и пространството на въздействие. Този тип аномалии представляват основен риск по отношение на наземната електроразпределителна мрежа, повреди в сателитните навигационни системи и дори отместване на тяхната орбита (плъзгане). Тези бури предизвикват силни смущения в HF и VHF (30-300MHz) честотния диапазон.

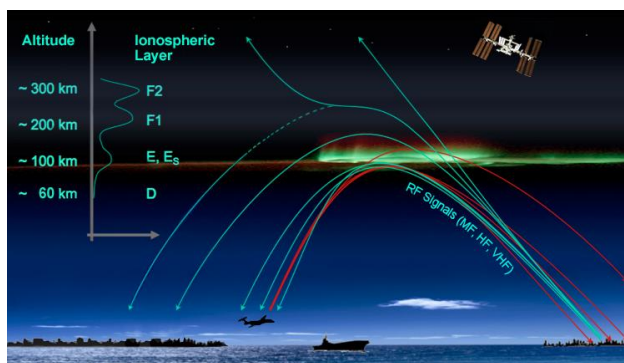
Структура на слоевете на Земната атмосфера

Влиянието на космическите и слънчеви лъчения най-изразено се наблюдава при планети като Земята, имащи силно изразено магнитно поле, което се явява естествен щит по отношение на космичните лъчения. По отношение на радиоразпространението в зависимост от дължината на радиовълната различните слоеве на атмосферата и тяхното моментно състояние могат да имат разнообразни ефекти върху радио връзките. Част от тези процеси са принципно добре изучени, но проявленията на геомагнитните бури имат изключително непредвидим характер, поради което се налага агрегирането на много данни и последващата им обработка, като така се създадат модели за по-точното предсказване на потенциалното вредно въздействие на слънчевата радиация над технологичната инфраструктура и орбиталния ресурс (фиг. 1).

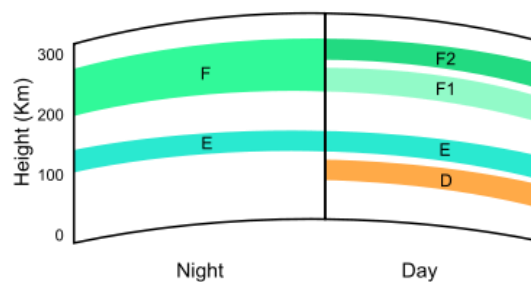
2. ВЛИЯНИЕ НА ГЕОМАГНИТНИТЕ БУРИ ВЪРХУ РАДИОКОМУНИКАЦИИТЕ

Космичното време влияе на радиосъобщенията по много начини. При честоти от 1 до 30 MHz (HF) промените в плътността на йоносферата променят пътя на предаване и дори довеждат до разпад на радиовръзките. Тези честоти се използват от много служби: правителствени (министерства на отбраната, служби за сигурност, агенции по сигурност и управление на извънредни ситуации), търговски компании, авиокомпани и радиолюбители. Първите значими въздействия се детектират по време на изгрева на Слънцето. Неговите рентгенови лъчи проникват до най-ниските слоеве на йоносферата

(около 50 - 80 км.) до слой D и го йонизират (Фиг. 1, а). Този слой съществува само през деня, докато Слънцето огрява Земята (Фиг. 1, б), през нощта този слой се разпада. В зависимост от честотните параметри на радиосигнала този слой може да го отрази или абсорбира.



а) [2]



б) [3]

Фиг. 1. Структура на слоевете на Земята атмосфера.

Най-силна йонизация се получава по време на максимума на слънчевата активност, през лятото и през деня, когато Слънцето е максимално ярко. Същото се наблюдава при явлениято „аврора“, когато се наблюдава нарушаване на радио комуникациите. Това се случва най-често в полярните райони от тъмната страна на Земята, където аврората е най-интензивна. Над слой D се намира слой E (от около 80 -120 км), където плътността на свободните електрони е значително по-висока. Използва се за радиовръзки на близки и средни разстояния през деня. Основно значение за разпространението на електромагнитните вълни има слой F. Под въздействието на ултравиолетовите лъчи през деня слой F се разпада на два отделни слоя F1 и F2. Благодарение на тях може да се осъществи радио връзка до всяка точка на земното кълбо. От края на късите вълни, през УКВ и нагоре всички радиовълни преодоляват йоносферата и отиват в Космоса.

3. ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА ГЕОМАГНИТНИТЕ БУРИ ВЪРХУ СИГНАЛА ЗА САТЕЛИТНА НАВИГАЦИЯ

Общото електронно съдържание (TEC – Total Electron Content, 1TEC Unit TECU= 10^{16} electrons/m²) е добър параметър за наблюдение на евентуални въздействия от атмосферни условия. То зависи от местното време, географската ширина и дължина, геомагнитните условия, слънчевия цикъл и активност, както и от условията на тропосферата. Общото забавяне на вълната зависи също и от честотата на радио вълната. Промяната на скоростта и пътя на радиовълните в йоносферата оказва голямо влияние върху точността на спътниковите навигационни системи като GPS/GNSS. Пренебрегването на промените в йоносферата може да доведе десетки метри грешка в изчисленията на позицията, което без методики за корекция би довело до катастрофални последици. Този тип резервиращи системи са отдавна използвани в авиацията, но с развитието на т.нар. автономен автомобилен транспорт и непрекъснатото нарастване на скоростите на придвижване и пътния трафик, влиянието на тези геомагнитни аномалии би имало сериозно значение над безопасността на транспортните системи. GPS системите се използват и като средство за синхронизация при редица радиокомуникационни системи, каквито са едночестотните мрежи за наземна цифрова телевизия и CDMA системите за комуникация. Разсъгласуването на "точното време" в предавателите на тези системи би

довело до частично или пълно пропадане в излъчването на сигнала, което би се отразило негативно в широк социален и икономически аспект. С навлизането на високоскоростните безжични и мобилни системи влиянието над точната синхронизация на предавателите е от особено значение за поддържане на високо качество и безотказност на комуникационните системи. По отношение на самите базови станции, дори малки изменения в слънчевата активност предизвикват пропадания в радиорелейния тракт. Точното прогнозиране на тези моменти и локации би могло да съдейства значително за вземането на превантивни мерки за осигуряване на безотказност на комуникацията (чрез моментно повишаване на излъчваната мощност или намаляване скоростта на предаване). Системите за сондиране, които използват постоянното магнитно поле на Земята, също са застрашени от грешки при случайни флуктуации на геомагнитното поле.

4. ГЕОМАГНИТНИ БУРИ И СПЪТНИКОВИ КОМУНИКАЦИИ

Към началото на 2018 г. в орбита има над 2500 активни сателити. Те са разположени на геостационарни, полярни и нискоземни орбити, като осигуряват комуникации от точка до точка или разпространение на радио и телевизионни програми. Системите за връзка използват обикновено честоти между 300MHz и 3GHz и 3 -30 GHz. Тези радиосигнали се влияят в голяма степен от присъствие на плазма в йоносферата. Ефектите от това са групово забавяне, фазов аванс и отслабване, дължащо се на абсорбция и сцинтилация. До известна степен въздействията могат да се намалят с инженерни решения, но не е изключена и временна или дори пълна загуба на комуникация.

5. ГЕОМАГНИТНИ БУРИ И ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕНОСНИ СИСТЕМИ.

Сигурността на дома и бизнеса могат да бъдат нарушени много лесно, ако се наруши електропреносната система. Причина за това може да бъде геомагнитната буря. Слънчевият поток, пресичайки проводниците на електропреносната система взаимодейства с електромагнитното й поле и създава свръхнапрежение в системата. Получените пикове в системата са с период от няколко секунди до няколко минути. Тези геомагнитно индуцирани токове причиняват „вълнов ток“ в силовите трансформатори на електрическите преносни системи, което води до насищане на магнитната сърцевина на трансформатора, а токовете и напреженията в намотките стават необичайно големи. Основно податливи на подобен вид смущения са електропреносните системи на САЩ и Канада, поради спецификата на енергоразпределителната мрежа. Това може да доведе до нагриване на околните структури, дължащо се на индуцирани „вихрови токове“. При това токът вече може да промени синусоидалната форма, което ще разстрои синхронизацията на цялата система.

По отношение на обстановката в България, подобни глобални катаклизми не биха имали съществено въздействие върху основната електропреносна система, тъй като тя е изградена с необходимите капацитети и осигуреност, но тези въздействия биха имали сериозно значение върху отделните микроенергийни преобразуватели: генератори, инвертори, ползвани в системите за алтернативно електрическо захранване, като соларни системи, ветрогенератори. Изучаване на потенциалните възможности за увреждане на този тип вторична захранваща инфраструктура би имало значение в подобряването на нейната безотказност и сигурност, имащо голямо социално значение, предвид извършените инвестиции в частна инфраструктура. България разполага със силно развита железопътна инфраструктура, но в страни като Япония, има редица регистрирани пропадания на комуникацията и сигнализацията в железопътната инфраструктура в случаите на по-силни геомагнитни бури, което в контекста на непрекъснато повишаващите се скорости създава предпоставки за сериозна опасност при превоза на

пътници и товари в случай на разпадане на сигнализацията. Теорията, че интензивността на слънчевите петна корелира със земните промени в климата и времето била преобладаваща основна теория, която датира от векове. Що се отнася до климата през следващите 1-2 години от края на цикъл 24, може да се каже, че ще продължават продългите зими, макар и не толкова студени. Това се вижда при нас – дълга зима. В САЩ лютата зима продължи почти до края на април. В западна Европа също продължиха дълго време студените и бурни зимни месеци. Прогнозите за слънчевия цикъл се използват от различни агенции и от много отрасли в икономиката. Слънчевият цикъл е много важен за определяне продължителността на живота на спътниците в нискоземни орбити. Прогнозите дават груба представа за честотата на космическите бури – от радиочестотните през геомагнитните до радиационните бури.

6. СЪСТОЯНИЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА ПО ПРОБЛЕМА

Планетата Земя е непрекъснато подложена на влиянието на лъченията, идващи от космическото пространство, като основен фактор за развитие на живота и състоянието на техносферата върху нашата планета е Слънцето. Терминът космическо време (Space weather) се използва като обобщаващ за характеризирани процесите и явленията отнасящи се към динамичните условия на околната среда в магнитосферата, йоносферата и термосферата на Земята, които основно са резултат от слънчевата активност и слънчевия вятър. Тези явления влияят над биосферата, климата и естествено върху безотказното функциониране и надеждността на електрическите, електронните и комуникационни системи. Космическото време се занимава с природните явления и включва плазмата, магнитните полета, радиацията и потоците заредени частици в космоса.

Световната и в частност Европейската икономика развива екстензивно секторите зависещи от модерните компютърни и комуникационни технологии, които навлизат в ежедневието, транспорта, навигацията, комуникациите, и редица нови приложения, като изкуствения интелект, автономните и умни системи и т.н. Ефектите от космическото време се наблюдават при влошаването на комуникациите на космическите кораби, производителността на компютърните и всички електрически зависими системи, надеждността на управляващата автоматика и естествено - живота на хората.

Събирането и анализирането на данни, свързани с въздействието на слънчевата активност над йоносферата, активно е използвано за създаване на модели и алгоритми за прогнозиране и подобряване на средствата за динамичен мониторинг с цел минимизиране на ефектите на йоносферните смущения и флуктуации, предизвикващи смущения и отказ в радиокомуникационните връзки (1859 г., 1921г., 1967г., 2003г., 2012г.), както по отношение на наземните радиослужби, така и по отношение на земно-космическите комуникации. Подобно въздействие в зависимост от географската ширина е силно изразимо и по отношение на друга технологична инфраструктура на Земята като електропреносна мрежа (Канада 1989 г.) [4], навигация и комуникация със самолетите, летящи над полярните области, а също така и изразяващи се в електрокорозия на наземния тръбопроводен транспорт и сигнализацията по железопътната инфраструктура.

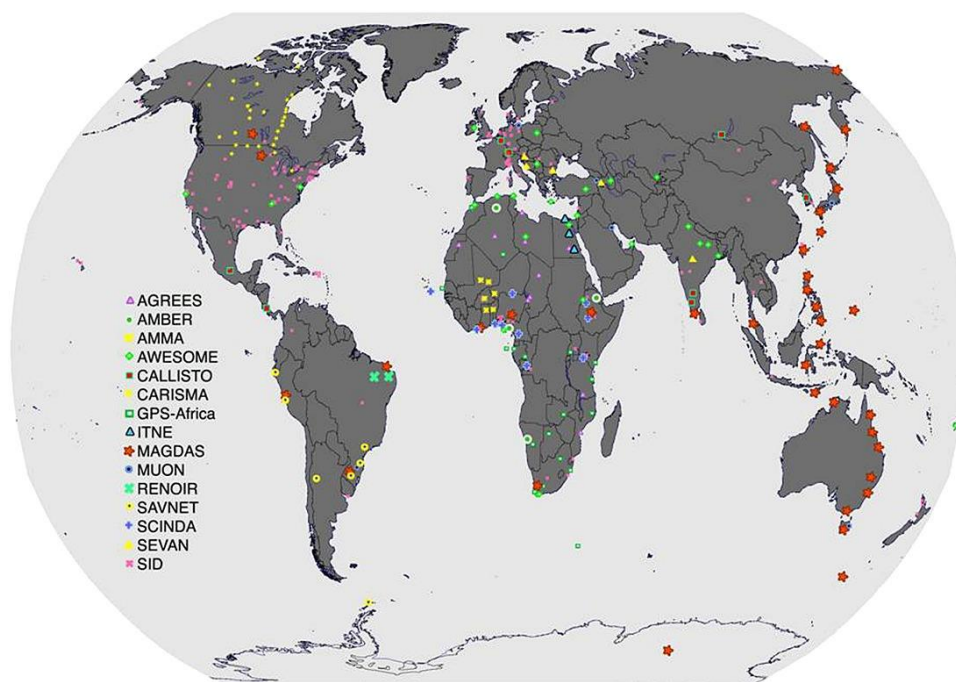
Аномалиите в космическото време представляват основен рисков фактор влияещ над широк спектър от наземната комуникационна и транспортна инфраструктура. Тази научна област се развива екзистивно след навлизането на човечеството в "космическата ера" (1957г. Спутник). Началните индикации за въздействието на Слънчевите изригвания се свързват още с развитието на телеграфите [5], когато биват констатирани първите отклонения в тяхното функциониране при повишена активност на Слънцето. В частност, тези ранни наблюдения довеждат до развитието на науката радиоастрономия (1847г.).

АКТУАЛНО СЪСТОЯНИЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА ВЛИЯНИЕТО НА СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ ВЪРХУ РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО НА РАДИОВЪЛНИТЕ

Анушка Станчева, Георги Петров, Пламен Цветков, Васил Къдрев, Ангел Александров, Биляна Бенкова

Днес значението на тези феномени е особено основателно след 1990г., поради все по-масовото свързване на света в единна глобална комуникационна мрежа, и е особено основателно предвид масовото навлизане на комуникационните, навигационни и информационни технологии в бита и бизнеса. Предвид настоящото развитие на системите с "изкуствен интелект" и квантовите компютри и по-специално тези, управляващи автономните транспортни средства, високоскоростните безжични комуникации [6], системите за управление на т.нар. "умна инфраструктура" изискват познаването на потенциалните вредни въздействия от предизвикваните смущения в техногенната среда, поради което и придобиват значителна тежест. Днес, десетилетия след началото на "космическата ера" и развитието на радиоастрономията, знаем много повече за въздействието на слънчевата активност върху процесите на образуване на геомагнитните бури, йоносферните смущения и тяхното разнообразно вредно въздействие над изкуствените спътници, навигационните и комуникационни системи, а също така и влиянието им върху електроразпределителната система, тръбопроводната транспортна инфраструктура и дори железопътния транспорт.

Резките изменения в слънчевата активност основно могат да бъдат регистрирани като три типа аномалии: излъчването на поредици високоенергийни електромагнитни импулсни смущения (радиочестотни затъмнения - Radio blackout) съчетано с изхвърляне на материал – коронарна маса (CME – coronar mass ejection), придружени с изхвърлянето на силно енергийни частици в пространството (SEPs – solar energetic particles). Сблъсъкът на SME със Земяното магнитно поле предизвиква т.нар. геомагнитни бури, чието влияние може да бъде класифицирано в три категории: радиочестотни аномалии, довеждащи до частични или пълни радиозатъмнения, слънчеви радиационни бури и геомагнитни бури. Тези явления се наблюдават от различни национални и международни агенции, обединени от Международната инициатива за космическо време [7] (фиг. 2), чиято задача е да бъдат разгърнати мониторинг станции, които да регистрират явленията и да се занимават с прогнозирането и предвиждане на последиците от измененията в космическото време, както и да извършват превантивни мерки за минимизиране на евентуалните вредни въздействия върху електрическата и комуникационна технологична инфраструктура.



Фиг. 2. Карта на ISWI-мониторингови станции [8].

Геомагнитните бури се предизвикват от директното съприкосновение на заредените частици със земната атмосфера. Те могат да възникнат до два дни в зависимост от скоростта на разпространение на изхвърлените от Слънцето заредени частици през космическото пространство. Проявленията им могат да варират значително по отношение на времето и пространството на въздействие. Този тип аномалии представляват основен риск по отношение на наземната електроразпределителна мрежа, повреди в сателитните навигационни системи и дори отместване на тяхната орбита – плъзгане (satellite drag) предизвикано от промени в региона на термосферата (<1000км. най-често 200-600км) основно предизвикано от нагрявания в следствие на UV лъчението. Тези бури предизвикват силни смущения в HF и VHF (30-300MHz) честотния диапазон. Слънчевият радиочестотен поток на 10,7 cm (2800 MHz) е отличен показател за слънчевата активност. Тези честоти корелират много добре с броя на слънчевите петна, както и редица ултравиолетови лъчи, които дават видими записи за слънчевата радиация. Радиочестотният поток F10.7 може лесно и надеждно да бъде измерван всеки ден от повърхността на земята при всички метеорологични условия. Отчита се в единици слънчев поток (s.f.u.) и варира от 50 до 300. Индексът F10.7 се оказва много ценен и се използва още от 1947г. [6] за определяне и прогнозиране на времето в Космоса. Този сигнал добре се корелира с емисиите на екстремните ултравиолетови лъчи (EUV), които засягат стратосферата и озона.

По отношение на геомагнитните бури и „плъзгането“ на спътници - плъзгането е сила, упражнявана върху обект, който се движи през течност и е ориентиран в посоката на относителния флуиден поток. Същата сила действа върху космически кораби и предмети, летящи в пространствената среда в орбити близко до 2000 км (космически кораби на НАСА, Роскосмос, Международната космическа станция, космически телескоп Хъбъл и др.). Силата на плъзгане се увеличава по време на слънчева активност. В резултат на това, космическият кораб лети през слой с по-висока плътност и върху него влияе по-силна плъзгаща сила. Когато Слънцето е спокойно, спътниците трябва да коригират орбитите си около четири пъти годишно, за да компенсират атмосферното съпротивление. При голяма слънчева активност спътниците трябва да маневрират на всеки 2-3 седмици, за да поддържат своята орбита. Плъзгането на спътниците е най-трудната за моделиране сила, главно поради сложността на колебанията на атмосферата. Определяне степента на въздействието на космическото време над различните радиокомуникационни съоръжения се разглежда в аспект на земно-космическите връзки като модела: ITU-R S.1525 [10].

По отношение на геомагнитните бури и електрическите преносни системи - сигурността на дома и бизнеса могат да бъдат нарушени много лесно, ако се наруши електропреносната система. Причина за това може да бъде геомагнитната буря. Слънчевият поток пресичайки проводниците на електропреносната система взаимодейства с електромагнитното и поле и създава свръхнапрежение в системата. Получените пикове в системата са с период от няколко секунди до няколко минути. Тези геомагнитно индуцирани токове причиняват „вълнов ток“ в силовите трансформатори на електрическите преносни системи, което води до насищане на магнитната сърцевина на трансформатора, а токовете и напреженията в намотките стават необичайно големи. Основно податливи на подобен вид смущения са електропреносните системи на САЩ и Канада, поради спецификата на енерго разпределителната мрежа. Това може да доведе до нагряване на околните структури дължащо се на индуцирани „вихрови токове“. При това токът вече може да промени синусоидалната форма, което ще разстрои синхронизацията на цялата система. Такива срывове на системите е имало на 24 март 1940 г. в Германия; през 1958 г. и 1986 г. в САЩ; на 4 август 1972 г. в Канада; на 13 март 1989 г. – САЩ и

Канада; „Затъмнение“ в Швеция през октомври 2003 г. и др. [11]. По отношение на обстановката в България подобни глобални катаклизми не биха имали съществено въздействие върху основната електропреносна система, тъй като тя е изградена с необходимите капацитети и осигуреност, но тези въздействия биха имали сериозно значение върху отделните микроенергийни преобразуватели: генератори, инвертори, ползвани в системите за алтернативно електрическо захранване, като соларни системи, ветрогенератори. Изучаване на потенциалните възможности за увреждане на този тип вторична захранваща инфраструктура би се отразило в подобряването на нейната безотказност и сигурност, имащо голямо социално значение, предвид извършените инвестиции в частна инфраструктура. България има силно развита железопътна инфраструктура, но в страни като Япония, има редица регистрирани пропадания на комуникацията и сигнализацията в железопътната инфраструктура в случаите на по-силни геомагнитни бури, което в контекста на непрекъснато повишаващите се скорости създава предпоставки за сериозна опасност при превоза на пътници и товари в случай на разпадане на сигнализацията.

7. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА В ЕС И БЪЛГАРИЯ

В рамките на ЕС с мониторинга на т.нар. „космическо време“ са ангажирани European Space Operations Centre и European Incoherent Scatter (EISCAT) Radar Scientific Association за Скандинавия. Измененията в йоносферата по време на събития, свързани с резки значителни изменения в космическото време такива като геомагнитните бури оказват съществено влияние върху нормалното функциониране на радиокомуникационните служби. Проектът COST-271 [12], в рамките на European ionospheric community, има за цел да подобри и натрупа знание за поведението на йоносферата в контекста на осигуряването на надеждни радиокомуникации. В рамките на проекта са създадени редица модели и средства за операционен анализ на подобни въздействия върху радиокомуникациите. В България, йоносферни наблюдения и прогнози за разпространение на радиовълните се извършват в Национален геофизичен институт в йоносферна станция Плана. Предавателят и апаратурата са били дарение от Полската академия на науките, но от две години предавателят на йоносферната станция е повреден и не работи, което пречи на провеждането на научно измервателни експерименти. Мониторинг на активността на слънчевите въздействия върху магнитосферата, йоносферата и атмосферата у нас се извършват от екипи учени, работещи към Институт за космически изследвания и технологии (БАН), Институт по астрономия на национална астрономическа обсерватория (Рожен). Към настоящия момент остава активен Центъра за слънчев и слънчево-земен мониторинг (ЦССЗМ, Стара Загора. Станцията разполага с приемници на: 24kHz (за регистрация на явления в ниската йоносфера (слоеве D и E); регистрация на ефектите от рентгеновите слънчеви изригвания върху абсорбцията и отражението на посочените радиовълни в слоя D (т.нар. "внезапни йоносферни смущения", т.е. SID-явления), 29.89MHz (използвани за детекция на радиоизбухвания и изхвърляния на коронарна маса) и 71MHz (цел регистрация на радиоизбухвания и изхвърляния на коронарна маса (СМЕ), както и оптични телескопи. По време на изпълнението на проекта ще бъдат осъществени контакти с тези структури, с цел обмяна на знания и опитни постановки, а също така и за осигуряване на статистически данни за създаване на подобрени модели. Тези организации притежават архивни данни за вариациите на слънчевата активност на територията на България, които могат да бъдат използвани при подобряване на теоретичните модели за прогнозиране и разпространение на радиовълните в условия на изменящите се параметри на космическата обстановка.

Разработката на следваща генерация многомерни и динамични модели, базирани на емпирични данни и статистически анализ на натрупаните резултати, както и на

симулационни програми за въздействията върху комуникационните системи, системите за спътникова навигация и високоскоростните мобилни радиокомуникации, са приоритетна област. В практиката, използваните числени модели за предсказване на параметрите на въздействие над радиокомуникационните съоръжения и връзки са далеч от необходимото ниво, необходимо на съвременните мобилни и навигационни комуникационни системи.

Географското местоположение на България предполага силно въздействие на слънчевата активност основно върху радиокомуникациите и навигацията. С оглед на това и предвид засилващият се самолетен трафик над страната ни в следствие на построяването на най-голямото летище в света в Истанбул, значението на слънчевата активност над въздушната навигация и комуникация би имало сериозно социално значение, ето защо възобновяването на мониторинговата и прогнозираща дейност на йоносферата ще бъде от съществено значение.

8. МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОЦЕСИТЕ

Някои основни тенденции в тази област се свързват с разработката и апробирането на нови емпирични корелационни модели [13], изследващи аномалиите в йоносферата и последващата връзка с изменение на параметрите, влияещи върху разпространението на радиовълните, системи за ранно оповестяване на база анализа на радиочестотните сигнали, идващи от Слънцето на честота 2.8GHz, оценъчни модели за въздействието на геомагнитните бури над човешкото здраве и технологичната инфраструктура на Земята и в Космоса. Редица инициативи са свързани с разгръщане на мрежа от радиотелескопи за мониторинг на слънчевата активност по цялото земно кълбо по отношение на земните връзки. Теоретични основи за изследване разпространението на радиовълните (HF, VLF) в йоносферата са добре известни [14], но тези модели отчитат само стационарни идеализирани постановки и не могат да отчетат динамиката на космическото време по време на слънчеви бури. Ето защо, разработката на следваща генерация многомерни и динамични модели на база емпирични данни, статистически анализ на натрупаните резултати, съчетаващи интеракция с физически модели и симулационни програми за йоносферните въздействия върху комуникационните системи са приоритетна област. Това в особено голяма степен важи за системите за спътникова навигация и високоскоростните мобилни радиокомуникации, както и за спътниковия интернет от нискоорбитални спътници, при които съблюдаването на устойчивостта на смущения е от първостепенно значение. В практиката, използваните числени модели за предсказване на параметрите на въздействие над радиокомуникационните съоръжения и връзки, са далеч от необходимото ниво нужно на съвременните мобилни и навигационни комуникационни системи.

ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ:

- [1] SINGH, A. K., D. SINGH and R. P. SINGH. Space Weather: Physics, Effects and Predictability. *Surveys in Geophysics* [online]. 2010, vol. 31(6), pp. 581–638 [viewed 14 March 2015]. SpringerLink. ISSN 0169-3298 eISSN 1573-0956. Available from: <https://link.springer.com>
- [2] *Wikipedia* [online]. [viewed 14 March 2015]. Available from: www.wikipedia.org
- [3] *Astrosurf* [online]. [viewed 18 March 2015]. Available from: www.astrosurf.com
- [4] GREEN, J. L. and S. BOARDSEN. Duration and Extent of the Great Auroral Storm of 1859. *Advances in Space Research* [online]. 2006, vol. (38)2, pp. 130-135 [viewed 14 March 2015]. ScienceDirect. ISSN 0273-1177. Available from: <https://www.sciencedirect.com/>
- [5] ANDERSON, C. N. Correlation of radio transmission and solar activity. *Proceedings of the IRE*. 1928, vol. (16), p. 297. ISSN 0096-8390
- [6] LANZEROTTI, L. J. Space Weather Effects on Communications. In: DAGLIS, I. A., ed. *Space Storms and Space Weather Hazards* [online]. 2001, pp. 313-334 [viewed 14 March 2015]. SpringerLink. eISBN 978-94-010-0983-6. Available from: <https://www.springer.com>

**АКТУАЛНО СЪСТОЯНИЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА ВЛИЯНИЕТО НА СЛЪНЧЕВАТА
АКТИВНОСТ ВЪРХУ РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО НА РАДИОВЪЛНИТЕ**
Анушка Станчева, Георги Петров, Пламен Цветков, Васил Къдрев, Ангел Александров, Биляна
Бенкова

- [7] MADHULIKA, G., J. M. DAVILA and N. GOPALSWAMY. The International Space Weather Initiative (ISWI). *Space weather* [online]. 2013, vol. 11(6), pp. 327–329 [viewed 12 February 2015]. Scopus. eISSN 1542-7390. Available from: <https://www.scopus.com>
- [8] COVINGTON, A. E. Microwave solar noise observations during the partial eclipse of November 23, 1946. *Nature* [online]. 1947, vol. (159), pp. 405–406 [viewed 16 February 2015]. ISSN 0028-0836; eISSN 1476-4687. Available from: <https://www.nature.com/>
- [9] Impact of interference from the Sun into a geostationary-satellite orbit fixed-satellite service link, 2001-2002. *International Telecommunications Union* [online]. [viewed 11 February 2015]. Available from: <https://www.itu.int/>
- [10] *International Space Weather Initiative (ISWI)*. [online]. [viewed 11 February 2015]. Available from: <http://iswi-secretariat.org>.
- [11] KAPPENMAN, J. *Geomagnetic Storms and Their Impacts on the US Power Grid* [online]. California: Metatech Corporation, 2010. [viewed 10 February 2015]. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.227.2009&rep=rep1&type=pdf>
- [12] BRADLEY, P. A. and Bodo W. REINISCH. Impact of COST 271. *Annals of geophysics* [online]. 2004, vol. 47(2/3), pp. 1295-1299 [viewed 11 February 2015]. ISSN 2037-416X. Available from: <https://www.annalsofgeophysics.eu>
- [13] ARAUJO-PRADERE, E. A., D. BILITZA and T. J. FULLER-ROWELL. Time Empirical Ionospheric Correction Model (STORM) response in IRI2000 and challenges for empirical modeling in the future. *Radio Science* [online]. 2004, vol. 39(1), pp. 419-426 [viewed 11 February 2015]. Scopus. ISSN 0048-6604. Available from: <https://www.scopus.com>
- [14] Ionospheric Radio Wave Propagation. Chapter 10. In: *Handbook of Geophysics and the Space Environment*. 1985, pp. 10.1-10.98.

За контакти:

доц. д-р Анушка Станчева, Департамент „Телекомуникации“ при НБУ, ул. Монтевидео № 21, 2-609, Тел.: 02 8110609, e-mail: astancheva@nbu.bg

гл. ас. д-р инж. Георги Петров, Департамент „Телекомуникации“ при НБУ, ул. Монтевидео № 21, 2-609, Тел.: 02 8110609, e-mail: gpetrov@nbu.bg

доц. д-р Пламен Цветков, Департамент „Телекомуникации“ при НБУ, ул. Монтевидео № 21, 2-609, Тел.: 02 8110609, e-mail: tzvetkov@tu-sofia.bg

доц. д-р Васил Къдрев, Департамент „Телекомуникации“ при НБУ, ул. Монтевидео № 21, 2-609, Тел.: 02 8110609, e-mail: vkadrev@nbu.bg

инж. Ангел Александров, Департамент „Телекомуникации“ при НБУ, ул. Монтевидео № 21, 2-619, Тел.: 02 8110609, e-mail: asalexandrov@nbu.bg

инж. Биляна Бенкова, Департамент „Телекомуникации“ при НБУ, ул. Монтевидео № 21, 2-609, Тел.: 02 8110609, e-mail: bbenkova@nbu.bg

Contacts:

Assoc. Prof. Anushka Stancheva, PhD, New Bulgarian University, Department Telecommunications, 21 Montevideo St., Tel.: 359 2 8110609, e-mail: astancheva@nbu.bg

Assist. Prof. Georgi Petrov, PhD, New Bulgarian University, Department Telecommunications, 21 Montevideo St., Tel.: 359 2 8110609, e-mail: gpetrov@nbu.bg

Assoc. Prof. Plamen Tzvetkov, PhD, New Bulgarian University, Department Telecommunications, 21 Montevideo St., Tel.: 359 2 8110609, e-mail: tzvetkov@tu-sofia.bg

Assoc. Prof. Vasil Kadrev, PhD, New Bulgarian University, Department Telecommunications, 21 Montevideo St., Tel.: 359 2 8110609, e-mail: vkadrev@nbu.bg

MSc Angel Alexandrov, New Bulgarian University, Department Telecommunications, 21 Montevideo St., Tel.: 359 2 8110609, e-mail: asalexandrov@nbu.bg

MSc Bilyana Benkova, New Bulgarian University, Department Telecommunications, 21 Montevideo St., Tel.: 359 2 8110609, e-mail: bbenkova@nbu.bg

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 10.07.2015.

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 01.09.2015.