НАЦИОНАЛНА КОСМИЧЕСКА ПРОГРАМА „БЪЛГАРИЯ-1300“ – 45 ГОДИНИ ПО-КЪСНО

Йорданка Семкова[1], Таня Иванова[1], Боян Киров[1], Катя Георгиева[1], Росица Колева[1], Цветан Дачев[1], Гаро Мардиросян[1], Александър Кузмин[2], Олег Вайсберг[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Институт за космически изследвания – Руска академия на науките
e-mail: jsemkova@stil.bas.bg

Ключови думи: *Национална космическа програма „България-1300“, космическа физика, дистанционно сондиране на Земята*

Резюме: *Националната космическа програма „България-1300“ е едно от най-значимите достижения и наследства на космическите изследвания в нашата страна. Тя има много аспекти. Представена е в стотици публикации, в монографии и много други документи. През изминалите години неведнократно е докладвана и на конференциите SES. Разказаното по-долу не представлява пълната история на тази програма, нито претендира за изчерпателност. Ние, авторите, сме участници пряко в работата по програмата. Поради това, в доклада се преплитат документални факти с наши спомени и оценки. Той е посветен на всички онези, които направиха възможна реализацията на националната космическа програма „България-1300“.*

NATIONAL SPACE PROGRAM “BULGARIA-1300” – 45 YEARS LATER

Jordanka Semkova[1], Tanya Ivanova[1], Boyan Kirov[1], Katya Georgieva[1], Rositza Koleva[1], Tsvetan Dachev[1], Garo Mardirosyan[1], Alexander Kuzmin[2], Oleg Vaisberg[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research Institute – Russian Academy of Sciences
e-mail: jsemkova@stil.bas.bg

Keywords: *National Space Program "Bulgaria-1300", space physics, remote sensing of the Earth*

Abstract: *The "Bulgaria-1300" national space program stands as one of the most significant achievements and legacies of space research in our country. It is multifaceted, documented in hundreds of publications, monographs, and numerous other records. Over the years, it has also been presented on multiple occasions at SES conferences. The account that follows does not constitute the program's complete history, nor does it claim to be exhaustive. As the authors, we were directly involved in the program's execution; consequently, this report intertwines factual records with our own recollections and assessments. It is dedicated to all those who made the realization of the "Bulgaria-1300" national space program possible.*

Въведение

Решаващо за космическите изследвания в България през 20 век беше участието на нашата страна в програмата Интеркосмос”, започнало още с основаването на тази програма през 1967. Програмата “Интеркосмос” за международно сътрудничество в изследването и използването на космическото пространство за мирни цели даваше възможност на всички страни от бившия социалистически лагер, както по-късно и на други страни, да участват в космическите изследвания в желаната от тях научна област и със своя научна апаратура, като използват безвъзмездно съветската космическа техника и съоръжения. Академиците Любомир Кръстанов и Кирил Серафимов извършиха огромна научно-организационна дейност, участвайки активно в създаването на “Интеркосмос”, както и включването на България в нея.

Националната космическа програма „България-1300“ е едно от най-ярките проявления на възможностите и резултатите от участието на България в “Интеркосмос”.

За националната космическа програма „България-1300“ и хората, които я реализираха

Националната космическа програма „България-1300“ включва две области на изследване: космическа физика и дистанционно сондиране на Земята, и два изкуствени спътника на Земята, на борда на които се реализират съответно горните две области на изследване. Първият спътник, наречен „Интеркосмос – България-1300“ (“ИК-Б-1300”) е предназначен за изследване на взаимодействието между земната магнитосфера, йоносферата и термосферата [1, 2]. Той е реализиран на съветски спътник от типа „Метеор“ и е изведен в близка до полярна орбита на около 900 km височина на 7 август 1981 г. Носи 12 българско-съветски научни апаратури за измерване на плазмени параметри, потоци от частици, електрични и магнитни полета, и за оптични измервания. Вторият спътник под наименованието „България-1300 – II“ (“Б-1300-II”) носи български и съветски научни апаратури, предназначени за дистанционно наблюдение на Земята от космоса. Той е реализиран на спътник от типа „Метеор-Природа“ и е изведен на 10 юли 1981 г. на 650 km слънчево-синхронна орбита [3].

По-подробно научните задачи на всеки от спътниците и експериментите на тях, българските научни апаратури на борда им и част от колективите зад всеки от експериментите са описани в публикацията на Т. Иванова в сборника доклади на конференцията SES 2011 [4] и в литературата към нея, и поради това по-долу ще припомним само някои основни факти и посочим непубликувани такива.

Идеята за програмата е на колектива от български учени К. Серафимов, Д. Мишев, М. Гогошев и И. Кутиев, а осъществяването ѝ е в партньорство с институтите на Съветската академия на науките – ИКИ и ИЗМИРАН, както и с конструкторското бюро на спътниците от серията “Метеор”. Изключително активна подкрепа имахме от акад. Б.Н. Петров и акад. В.А. Котелников, председатели на “Интеркосмос”, както и от Председателя на БАН акад. А. Балевски.

Ръководители на програмата „България-1300” бяха акад. К. Серафимов и акад. А.Г. Йосифян, съответно от българска и съветска страна. Директорът на ИКИ-РАН акад. Р.З. Сагдеев посочи за свой заместник и отговорник за проекта В.М. Балебанов.

Директори и научни ръководители бяха: за “ИК-Б-1300” – Ст. Чапкънов, И. Кутиев и М. Гогошев/ В. Адаско (СССР), а за “Б-1300-II” – проф. Д. Мишев/ проф. И. Ветлов (СССР).

В тази програма инициативата и приносът на българските учени, главно от Централната лаборатория за космически изследвания – БАН (ЦЛКИ), сега Институт за космически изследвания и технологии – БАН, е в разработката на целите и методиките за измервания, създаването на научните апаратури за тяхната реализация, както и на средствата за автономни изпитания на научните апаратури, приемането, обработката и анализа на данните.

Основната задача на изследванията на спътника „Интеркосмос – България-1300“, е разкриването на механизма на пренос на енергия от Слънцето към Земята във времето и пространството чрез комплексен подход към изучаването на явленията, протичащи в йоносферата и магнитосферата.

Основна цел на изследванията на спътника „България-1300 – II“ е да се установи връзката между различни природни образувания и техните състояния с отразеното и излъчено електромагнитно лъчение във видимия и близкия инфрачервен и СВЧ диапазони на електромагнитния спектър [5].

На Фиг. 1–4 са показани фотографии на някои важни моменти от работата по организацията на космическата програма „България 1300“.



Фиг. 1. Подписване на научната програма „България-1300“ от Председателя на БАН акад. Балевски, 1979 г.



Фиг. 2. Акад. К. Серафимов, акад. Д. Мишев, акад. А. Балевски, ст.н.с. И. Аршинков – обсъждане на текущи въпроси по „България-1300“, 1980 г.



Фиг. 3. Среща на български участници с делегация на "Интеркосмос" за обсъждане на „Интеркосмос – България-1300", май 1979 г., Ст. Загора



Фиг. 4. Съвещание на специалисти от двете страни по „България-1300 – II", Москва, 1980 г.

По-долу са изброени апаратурите, техните кратки наименования, екипите от български специалисти и съветски отговорници, работили по тях, и по получаването, и обработката на данните от двата спътника.

За спътника „Интеркосмос – България-1300" те са: Йонен уловител (П6-ИЛ)/ Т. Иванова, Т. Самарджиев, С. Сапунова, Г. Гдалевич; Йонен дрейф (ИД-1)/ Л. Банков, Б. Киров, М. Гушева, В.Г. Истомин; Йоносферна плазма (П7-ЗЛ)/ Т. Иванова, К. Георгиева, П. Костов, В. Губский; Електронна температура (ДИЕТ)/ В. Марков, Д. Теодосиев, Х. Близнаков; Анализатор на маси и енергии на йони (АМЕЙ)/ П. Неновски, Й. Семкова, Р. Колева, Н. Кънчев, О. Вайсберг, В. Смирнов; Анализатор на нискоенергийни протони и електрони (АНЕПЕ)/ Ц. Дачев, И. Богомилов, Ю. Матвейчук, Д. Крежова, М. Телцов; Спектрометър на протони (ПРОТОН-1)/ К. Казаков, И. Георгиев, Н. Николаева; Електростатични полета (ИЕСП)/ Г. Станев, Д. Теодосиев, М. Петрунова, В. Чмырев; Магнитно поле (ИМАП)/ А. Бочев, И. Аршинков, Л. Жузгов; Ултравиолетова спектрометрична система (ФОТОН-1)/ М. Гогошев, Б. Мендева, С. Сергойчев, Л. Смирнова; Спектрофотометър за видимата област (ЕМО-5)/ М. Гогошев, Н. Петков, Ц. Гогошева, А. Кузмин; Оптическа лазерна светлоотражателна система (ОЛСС)/ Н. Георгиев, Ал. Хаджийски, Вл. Диков, Г. Кръстев. Изключителен принос за високото качество на апаратурите имаха и техниците А. Кънчев, Г. Карамишев, Г. Костов, Ст. Устичков, К. Кънев, Н. Мизов, Ю. Чавдаров, И. Боянов, К. Пантелеев, Пл. Хинов, З. Цветков, Е. Вътев и др. В обработката и анализа на данните от спътника, освен гореизброените български учени, се включиха активно и Д. Данов, Н. Банков, Л. Тодориева, Н. Дончева, М. Герджикова, В. Гинева, П. Стоева и др.

За спътника „България-1300 – II" апаратурите и техните кратки наименования са: Многоканален спектрометър във видимата и близката инфрачервена област (СМП-32), Микровълнов радиометър (РМ-1), Блок управление – Бордови компютър на базата на български микропроцесор СМ600 (БУ). Българският колектив, работил по апаратурите и анализа на данните включва Д. Петков, А. Крумов, Б. Пеев, А. Генчев, Б. Ценов, Т. Назърски, Ч. Левчев, Д. Димитров, С. Ковачев, М. Милчев, К. Тонев, Л. Кришкова, С. Живков, А. Тотев, В. Донев, Г. Каменов, Г. Мардиросян, М. Иванов, И. Иванова, Сп. Делистоянов, М. Фратев, Д. Димитров, космонавтът Г. Иванов, В. Бойчева, К. Бакалова, Р. Кънчева, В. Петрова, А. Стоименов и др.

Днес нашите по-млади колеги и посетители на института с удивление научават, че ръководителите на научните програми за полета на спътниците „България-1300" акад. Кирил Серафимов и акад. Димитър Мишев по онова време бяха на възраст под 50 години, следващото ниво ръководители бяха на около 40 години, а средната възраст на колективите, създали научните апаратури и експерименти за тези програми беше около 30 години. За немалка част от участниците и ръководителите на експериментите това беше първото им участие в космически проект. Основна характеристика на ръководството на космическата програма „България-1300" беше съчетанието на висока ерудиция и професионална компетентност, стратегическо мислене, организаторски качества и изключително чувство за отговорност. Тези качества изиграха решаваща роля за сплотяване и мотивиране на всички участници в проекта. Успехът стана възможен благодарение на всеотдайния труд на всички български участници в програмата и на пълноценното сътрудничество със съветските партньори.

На Фиг. 5–7 са показани фотографии на български и съветски участници в предполетните изпитания на апаратурите, монтирани на двата спътника, които бяха проведени през лятото на 1981 г. на космодрума в Плесецк, Русия.



Фиг. 5. Участници в предстартовите изпитания на спътника „Интеркосмос България-1300“, юли, 1981 г, Плесецк



Фиг. 6. Част от участниците в предстартовите изпитания на апаратурите на „Интеркосмос България-1300“ в изпитателната зала на спътника



Фиг. 7. Участници в предстартовите изпитания на “България-1300 – II” в Плесецк, юни, 1981 г.

Някои научни и технологични резултати от националната космическа програма „България-1300“

Погледната от дистанцията на 45 години, космическата програма „България-1300“ впечатлява с научния и технически мащаб, и с размаха си – само за една година са изведени в космоса 2 спътника и една ракета с около 20 научни апаратури на борда им, разработени главно в Централната лаборатория за космически изследвания – БАН (ЦЛКИ–БАН), създадени са системите за автономни изпитания на космическите апаратури, започнато е изграждането на центрове за приемане и обработка на данните от спътниците, и на методики за анализ на данните. Уникални детайли за апаратурите бяха изработени от български промишлени предприятия. Това се случва само две години след напрегнатата работа по мащабната научна програма за полета на първия български космонавт Г. Иванов. Двата спътника и научните апаратури на борда им работеха безотказно неколкократно по-дълго от определения им гаранционен срок.

Особено забележителен е самият замисъл на експериментите на двата спътника.

Решаващо преимущество на спътника „Интеркосмос – България-1300“ е комплексният подход – различните физични характеристики могат да бъдат измервани едновременно и практически в една и съща област на пространството. Към това се добавят и възможностите за сравнение на някои от измерванията с тези на ракетата „Вертикал-10“ и американският спътник Dynamics Explorer, изведени в космоса през същата 1981 година. На „Вертикал-10“ са използвани адаптирани варианти на апаратурите за изследване на йоносферната плазма от „Интеркосмос – България-1300“ и полета е предварително планиран така, че ракетата да премине непосредствено в близост до „Интеркосмос – България-1300“. Спътникът проследява йоносферата по своята орбита, „Вертикал-10“ преминава през нея във височина. В точката на тяхното сближаване измерванията могат непосредствено да бъдат сравнени. Към тях се добавят сравнения с данни от Dynamics Explorer и от наземни наблюдения, а на по-късен етап и сравнения с физични модели. Така са получени оригинални резултати за йоносферната конвекция и главния йоносферен провал [6-8], вертикалната структура и йонния състав на горната йоносфера [8–12], прехода между кислородната и водородната плазма [13–14], дребномащабните токове [15–17]. Алфвеновите структури и изключително силни полета [18-20], преноса на енергия от магнитосферата към атмосферата [21], физиката на полярните сияния, аврорална овал и полярната шапка, субавроралното електрическо поле [22–28] и т.н. Изследвано е влиянието на дребномащабните плазмени смущения върху потенциала на спътника [29]. „Интеркосмос – България-1300“ осигури голяма база данни от събития свързани с изсипващи се частици, което позволи идентифицирането на множество inverted – V събития и техните параметри, извлечени от комплексни измервания на борда на спътника [30]. Български и съветски участници в програмата, включително проф. И. Подгорни, в поредица публикации анализират плазмената конвекция, локализираните аврорални структури, електромагнитните смущения и токовете по магнитните силови линии, и развиват идеята, че генераторът на наблюдаваната система от електрически полета и токове трябва да се търси далеч от йоносферата – в токовия слой на магнитосферната опашка [7, 16, 18, 31–32].

Научната програма на спътника „България-1300 – II“ допринесе за решаване на задачи в областта на екологията, климатологията, корабоплаването, опазването на природните ресурси и др. Многоканалния спектрометър СМП32 бе използван в експерименти свързани с обработката и анализа на многоканални спектрални видеоданни за различни еталонни природни обекти. Измерванията на микровълновото излъчване в 4 спектрални интервала на СВЧ радиометрите РМ1 и РМ2 позволи да се изследва с висока точност динамиката на температурата на морската повърхност, пълното влагосъдържание на атмосферата, водното съдържание на облачната покривка над моретата и океаните, определяне на зоната на валежите, свойствата на ледената и снежната покривка. Паралелно на българска територия се правеха подспътникови изследвания от самолети - лаборатории и с наземни средства [3, 5].

Наследството на националната космическа програма „България-1300“

Активната работа на „Интеркосмос – България-1300“ е 18 месеца, но научният живот на неговите данни продължава десетилетия и това е може би най-доброто доказателство за качеството на данните, и успеха на програмата. През 1990-те години измерванията са използвани за изследване на бързите субаврорални йонни дрейфове – SAID – чрез съвместен анализ с американския Dynamics Explorer [33]. През 2000-те години старите данни отново са използвани за изследване на спектрите на електрическите флуктуации, размерите и интензитета на токовете по магнитните силови линии, нискоширочинните плазмени неоднородности и за сравнение със съвременни магнитосферни модели [34–38]. В публикация от 2017 г. Подгорни и съавтори доразвиват предходните си изследвания, и свързват

генерирането на електрическото поле в магнитосферната опашка с Hall ефекта в токовия слой [39]. Дори десетилетия след полета измерванията на електрическото поле остават ценни за разработване и проверка на нови методи за обработка на данните от електрически сонди [40].

Съвместните измервания на интензивността в радио, близкия инфрачервен и оптичния диапазони, осъществени чрез комплекса научна апаратура на борда на спътника „Метеор-Природа“ на „България-1300 – II“, позволиха повишаване на ефективността при решаването на задачи, свързани с океанската повърхност и атмосферата. Получените резултати подчертаха необходимостта от създаване в бъдеще на специализирани многоканални интелигентни сканиращи системи, работещи на конкретни дължини на вълната в горните диапазони [41].

Важен аспект е социално-политическият – програмата имаше широко обществено и медийно отразяване, някои от участниците в работата по нея бяха наградени с високи държавни ордени, а всички получиха паметни грамоти и медали. В края на 1981 г. в Пловдив на изложба на ТНТМ (Техническо и научно творчество на младежта) беше организиран щанд, посветен на космическия проект „България-1300“, на който бяха представени фотографии от работата по спътниците и макети на апаратурите на двата спътника (Фиг. 8). Изложбата се посрещна с голям интерес, особено сред младите хора. Почти 45 години по-късно, през 2025 г. бе поставен и тържествено открит паметник на спътника „Интеркосмос – България-1300“ в Стара Загора с активното съдействие на ИКИТ–БАН, местната общественост и общински власти.



Фиг. 8. Участници в космическата програма „България-1300“ на щанда на изложбата на ТНТМ, посветен на програмата, Пловдив 1981 г.

Много важен беше международният отзвук. През декември 1981 г. в София се провежда българо-съветски научен семинар, посветен на първите резултати от изследванията с комплекса „България-1300 – II“, на който са изнесени 51 научни доклада и съобщения. На него акад. А. Г. Йосифян отбелязва: „Рядкост е в историята на космическите изследвания, когато само четири месеца след старта на даден космически обект, учените и специалистите се събират и обсъждат толкова много научни резултати, свързани непосредствено с работата на комплекса научна апаратура на борда…“. Като че ли най-точно характеризира направеното директорът на Института за космически изследвания към Академията на науките на СССР акад. Р. З. Сагдеев, който обобщава: „Космическата програма „България-1300“ е най-мащабният, най-обоснованият в научно отношение проект, който отделна страна изпълнява по програмата „Интеркосмос“... [5]. Показателен за международното значение на проекта е и съвместният българо-американски семинар, посветен на данните от „Интеркосмос – България-1300“ и Dynamics Explorer, състоял се през 1982 г. в Ст. Загора, след който бяха направени редица съвместни публикации по данните от двата спътника. Резултатите от „България-1300“ бяха признати от Международния астронавтически конгрес като едно от 3-те най-значими космически постижения на човечеството през 1981 г. – заедно с полета на американската совалка „Челинджър“ и френско-съветската мисия към Венера.

Изключително значими са дългосрочните измерения на програмата. Сформирани по тази програма научни колективи и днес продължават сътрудничеството си в световните космически изследвания, и внасят съществен принос в тях. Научният и технологически опит от „България-1300“ е използван, и развит в последващи големи международни космически мисии с българско участие – например „Венера-Халей“, „Фобос“ „Интербол“, „АПЕКС“, „Марс 96“, експерименти на пилотираната космическа станция „Мир“, МКС и др.

За жалост, както нерядко се случва в нашата страна, големият успех не остана ненаказан. В средата на 80-те години на 20 век част от ръководството на националната космическа програма „България-1300“ – акад. К. Серафимов, проф. М. Гогошев, проф. И. Кутиев бяха отстранени от работа в ЦЛКИ–БАН, други участници също имаха неприятности. Последваха сериозни организационни и структурни промени. Но това е друг разказ.

Заключение

Националната космическа програма „България-1300“ донесе уникални научни и технологични резултати, силно подчерта възможностите на нашата страна в световните космически изследвания и увеличи конкурентоспособността ни за участие в следващи големи международни космически мисии.

Тя стана възможна главно благодарение на силната държавна подкрепа за науката и космическите изследвания, на участието на България в международната научна програма „Интеркосмос“, на възможностите на българската промишленост за изработка на уникални компоненти за космически приложения, на всеотдайния, колективен и целенасочен труд на българските и съветски участници в този проект.

Благодарности

Авторите благодарят на А. Крумов за предоставените материали по „България-1300 – II“.

Литература:

1. Serafimov, K. et al., 1982. Probe experiment for measurement of plasma parameters and ion drift velocities in the ionospheric plasma aboard the Intercosmos-Bulgaria 1300 satellite. Acta Astronautica, 9(10), 637–640.
2. Serafimov, K. et al., 1983. First results of the Bulgaria-1300 satellite experiment. Acta Astronautica, 10(5–6), 263–268. DOI: 10.1016/0094-5765(83)90075-9.
3. Сборник доклади „Дистанционно сондиране на Земята със спътник Метеор-Природа”. Руско-български експеримент (Б-1300-II).
4. Иванова Т., 2011, 30 ГОДИНИ СПЪТНИЦИ "БЪЛГАРИЯ-1300", Proceedings SES 2011, SSN 1313 – 3888, pp. 9–16.
5. Мишев Д., Космическите изследвания в България, изд. Марин Дринов, 2004.
6. Bankov, L., et al, 1983. An instrument for total ion drift velocity measurements aboard the Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite. Advances in Space Research, 2(7), 71–74. DOI: 10.1016/0273-1177(82)90152-1
7. Dubinin, E.M, et al, 1983. Large-scale and small-scale motions of plasma in the upper ionosphere based on data of the Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite. Cosmic Research, 21(5), 546–553.
8. Kirov, B., et al, 1985. Main ionospheric trough studied from Intercosmos-Bulgaria-1300. Advances in Space Research, 5(4), 87–91. DOI: 10.1016/0273-1177(85)90121-8.
9. Georgieva, K., et al, 1989. Одновременные измерения параметров ионосферной плазмы методом цилиндрического зонда Лэнгмюра на ракете «Вертикаль-10» и спутнике «Интеркосмос-Болгария-1300». In: Gringauz, K.I. (Ed.), Ракетное зондирование верхней атмосферы и ионосферы до высоты 1500 км. Rostov University Publishing House, Rostov-on-Don, pp. 110–114.
10. Gdalevich, G.L., et al, 1984. Mid-latitude rocket measurements of plasma irregularities associated with topside density depletion. Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, 46(10), 953–956. DOI: 10.1016/0021-9169(84)90036-9.
11. Wernik, A.W., et al, 1986. Vertical-10 rocket measurements of mid-latitude, nighttime F region irregularities. Radio Science, 21(6), 1021–1032.
12. Afonin, V.V., et al, 1989. Высотные профили температуры электронов и ее флуктуаций до высоты 1500 км по данным ракеты «Вертикаль-10». In: Gringauz, K.I. (Ed.), Ракетное зондирование верхней атмосферы и ионосферы до высоты 1500 км. Rostov University Publishing House, Rostov-on-Don, pp. 104–109.
13. Koleva, R., Kutiev, I.S., 1985. On the relative abundance of helium ions in the topside ionosphere. Advances in Space Research, 5(10), 37–40. DOI: 10.1016/0273-1177(85)90178-4.
14. Kutiev, I.S., et al, 1994. Analytical expression of O^+–H^+ ion transition surface for use in IRI. Advances in Space Research, 14(12), 135–138. DOI: 10.1016/0273-1177(94)90254-2.
15. Arshinkov, I., et al, 1985. Intense current structures during low geomagnetic activity and their relation to small-scale magnetic perturbations seen by the Intercosmos Bulgaria-1300. Advances in Space Research, 5(4), 127–130. DOI: 10.1016/0273-1177(85)90125-5.
16. Bankov, L., et al, 1986. Suprathermal electrons in small-scale field-aligned currents. Geophysical Research Letters, 13(2), 105–108. DOI: 10.1029/GL013i002p00105.

17. Bochev, A.Z., et al, 1987. Field-aligned currents and related phenomena in the cusp. Advances in Space Research, 7(8), 75–80. DOI: 10.1016/0273-1177(87)90192-X.
18. Dubinin, E.M., et al, 1985. Localized auroral disturbance in the morning sector of topside ionosphere as a standing electromagnetic wave. Planetary and Space Science, 33(6), 597–606. DOI: 10.1016/0032-0633(85)90045-5.
19. Chmyrev, V.M., et al, 1985. The fine structure of intensive small-scale electric and magnetic fields in the high-latitude ionosphere as observed by Intercosmos-Bulgaria 1300 satellite. Planetary and Space Science, 33(12), 1383–1388. DOI: 10.1016/0032-0633(85)90114-X.
20. Nenovski, P., et al, 1987. Quasi-periodical small-scale magnetic disturbances in the low-altitude cusp. Planetary and Space Science, 35(12), 1553–1559. DOI: 10.1016/0032-0633(87)90080-8.
21. Dachev, Ts.P., et al ,1985. Thermospheric heating at high latitudes as observed from Intercosmos-Bulgaria-1300 and Dynamics Explorer-B. Advances in Space Research, 5(4), 293–297. DOI: 10.1016/0273-1177(85)90153-X.
22. Gogoshev, M.M., et al,1983. Bulgaria-1300 UV day glow spectra, related to the ozone problem. Advances in Space Research, 2(6), 97–104.
23. Gogoshev, M.M., et al, 1987. SAR-arcs and emissions in the main trough of the electron concentration. Advances in Space Research, 7(8), 15–19. DOI: 10.1016/0273-1177(87)90184-0.
24. Gogoshev, M.M., et al, 1987. Structure of the polar oval from simultaneous observations of the optical emissions and particle precipitations during the period of high solar activity 1981–1982. Advances in Space Research, 7(8), 7–10. DOI: 10.1016/0273-1177(87)90182-7.
25. Gerdjikova, M.G., Shepherd, G.G., 1987. Evaluation of auroral 5577-Å excitation processes using Intercosmos Bulgaria 1300 satellite measurements. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 92(A4), 3367–3374. DOI: 10.1029/JA092iA04p03367.
26. Kostadinov, I.N., et al, 1990. O I 630 nm emission in the equatorial ionosphere from “Intercosmos-Bulgaria-1300” data. Advances in Space Research, 10(11), 93–96. DOI: 10.1016/0273-1177(90)90312-N.
27. Stoeva, P., et al, 1993. Characteristics of a SAR arc registered by the EMO-5 filter and the spatial-scanning photometric system aboard the IC Bulgaria 1300 satellite on August 21, 1981. Advances in Space Research, 13(4), 131–134. DOI: 10.1016/0273-1177(93)90324-5.
28. Кутиев И., Р. Колева (1989), Структура электрического поля в ночной субавроральной ионосфере, Космич. Исслед., XXVII, вып. 5, с.709–716.
29. Balebanov, V.M., et al, 1985, Effects of small-scale plasma disturbance on the IKB-1300 spacecraft potential, Acta Astronautica, vol. 12, No. 5, 345–350, http://dx.doi.org/10.1016/0094-5765(85)90068-2
30. Antonova, E.E, et al, 1991. Parameters of multiple inverted-V structures inferred from Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite data, Geomagn. Aeron., Engl. Transl., vol. 31, pp. 258–267.
31. Nikolaeva, N.S., et al, 1988. Relationship between electric fields and field-aligned currents according to data from the Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite. Kosmicheskie Issledovaniya, 26, 463–468
32. Podgorny, I.M., et al, 1988. Large-scale structure of the electric field and field-aligned currents in the auroral oval from the Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite data. Geophysical Research Letters, 15(13), 1538–1540. DOI: 10.1029/GL015i013p01538.
33. Bankov, L.G., et al, 1996. A case study of subauroral ion drift velocity jets by means of Dynamics Explorer-2 and Intercosmos Bulgaria-1300 satellites data. Advances in Space Research, 17(10), 193–200. DOI: 10.1016/0273-1177(95)00713.
34. Stepanova, M.V., et al, 2003. Study of electric field fluctuations using the Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite data. Advances in Space Research, 31(5), 1425–1430. DOI: 10.1016/S0273-1177(03)00010-3.
35. Danov, D., et al, 2006. Scales of the field-aligned current structures in the high-latitude magnetosphere according to the Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite data. Geomagnetism and Aeronomy, 46(4), 467–472. DOI: 10.1134/S0016793206040086.
36. Gdalevich, G.L. et al, 2006. Plasma irregularities in unstable outer ionosphere according to the Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite data. Cosmic Research, 44(5), 419–424. DOI: 10.1134/S0010952506050054.
37. Danov, D. and R. Koleva (2007), Field-aligned currents on board of Intercosmos Bulgaria-1300 Satellite in comparison with modeled large scale currents, Sun and Geosphere, vol. 2, No. 1, pp. 39–42.
38. Danov, D., 2008. Field-aligned currents onboard the Intercosmos Bulgaria-1300 satellite in comparison with modeled FAC. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 70(2–4), 646–653. DOI: 10.1016/j.jastp.2007.08.037.
39. Podgorny, I.M et al, 2017. Electric field generation in the magnetotail discovered by Intercosmos Bulgaria-1300. Sun and Geosphere, 12(2), 93–97.
40. Asenovski, S., et al, 2018. Determining the photocurrent of spherical probes from one-sonde-shading electric field data. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 167, 233–242. DOI: 10.1016/j.jastp.2017.12.013.
41. Mishev, D. et al, 1985. Complex study of the atmospheric and ocean state, using data from the scientific equipment installed on “Meteor Priroda” satellite, Acta Astronautica, Vol.12, N7/8, pp. 469–474.