



Æñãâî ëî ä ÊÓÍ ÕÃÃË×,
 àèääâî ðé ÍÃÍ Óèðà;í è,
 äèðàèòí ð ðí ñèèòóóó èí ñì ðí èõ äí ñè³äæâí ù
 Í àõ³í í àèüí î; àèääâî ð; í àóè òà Í àõ³í í àèüí î ãí
 èí ñì ðí î ãí àãâí òñòàà Óèðà;í è

КОЕМОЕ
 ÕÀ ÍÀØÀ
 ÙÎ ÄÄÍ ÍÀ ÆËÒÒÛ

Доволі часто можна почути не тільки, як то кажуть, від рядового громадянина, але й з уст людей, котрі визначають напрям розвитку всієї нашої економіки, запитання: невже всі наші земні проблеми вже успішно вирішені, і людство тепер прагне в космос тільки від надміру сил і засобів?

Дві основні причини майже півстоліття тому підштовхували обидві тодішні супердержави — США і Радянський Союз — до змагання в космосі: прагнення оволодіти ближнім космосом для завоювання стратегічної переваги над своїм потенціальним противником і отримати нові козирі в ідеологічному протистоянні. Це вже відійшло в минуле, хоч бажання зберегти (чи набути) військовою присутність в космосі не зникло. Та, відкривши для себе дорогу в космос, люди доволі швидко усвідомили, що на цьому шляху можна багато досягнути при вирішенні земних проблем. Справді, кожен з нас тепер має щоденну можливість дивитися телевізійні програми, по мобільному телефону вести розмови на ходу і навіть в

метро, користуватися електронною поштою та Інтернетом. Тим часом усе це стало можливим лише завдяки штучним супутникам Землі. Це давно вже і міцно поставлено на комерційну основу. І тому, природно, виникає питання: а над розв'язанням яких проблем працює космічна наука сьогодні і що вона може дати нашим людям коли не сьогодні чи завтра, то в найближчий час, та чи може наша країна, яка ніяк не вибереться з стану глибокої економічної кризи, дозволити собі витратити свої мізерні ресурси на науку взагалі і на космічні дослідження зокрема? Шукаючи відповіді на це, не можна обійти необхідності відповісти на більш загальне питання: а навіщо, власне, взагалі розвивати науку в нашій країні в умовах, коли, як видається на перший погляд, уже що завгодно можна купити. Так можна було б міркувати, коли б в нашій країні з-під землі били потужні й невичерпні фонтани нафти й газу, а в зворотньому напрямку текли ріки доларів та євро. Але ж таких рік у нас нема й не буде. Тому, щоб не

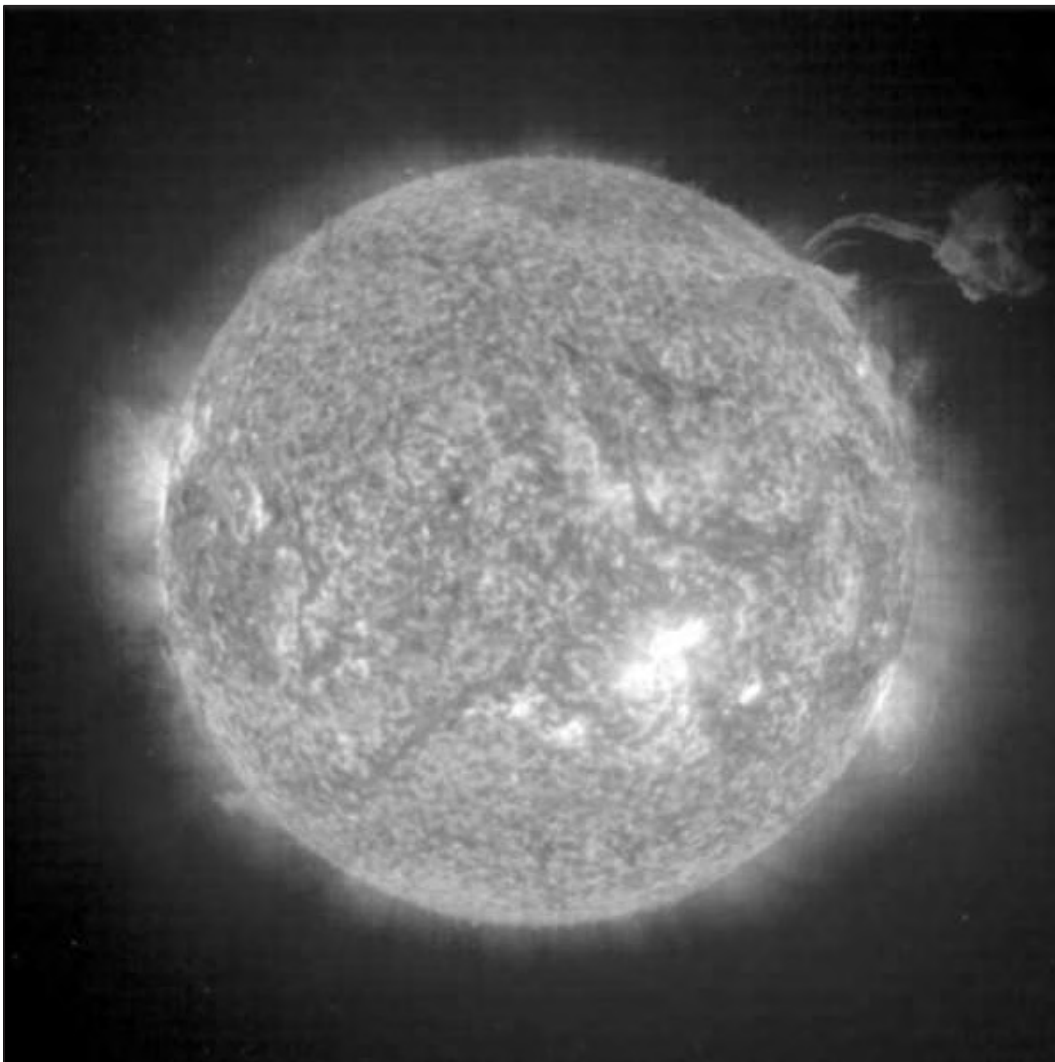


Рис.1. Сонце. Знято з американського супутника SOHO

сидіти з простягнутою рукою, не просити милостиню в багатих, нам самим треба, не відмовляючись від використання чужого досвіду, будувати краще життя.

Скажемо кілька слів про стан справ у Національній академії наук України сьогодні. Створена в 1918 році декретом гетьмана України П.Скоропадського, Академія пере-

живала і роки піднесення, й численні труднощі. Тут доречно згадати, що в часи М.С.Хрущова питання про «прикриття» АН СРСР (до складу якої входила і АН УРСР) було навіть винесене для обговорення на засіданні Політбюро ЦК КПРС. Тоді вчені рішуче виступили проти спроб надати науці чисто утилітарного характеру, й були відкинуті докори в тому,

що наука не допомагає підприємствам в конкретному виробництві: адже Академія — не ремонтна майстерня при заводах, у неї інші завдання. На жаль, нинішні горе-реформатори, що закликають ліквідувати НАН України, а її інститути «роздати» університетам, не засвоїли уроків історії, і їхні наскоки на Академію відзначаються неприязно-ревнивими ставленнями до академічної науки і до фундаментальної науки як такої. Багатьох з них дратує державний статус самоврядної структури.

Очевидно, саме питання про фундаментальну науку — ахіллесова п'ята нинішньої Академії, бо саме ця категорія досліджень не може за своєю природою давати швидкий прибуток. Однак на тезу про те, що фундаментальні роботи дають віддачу лише через десятиліття, є два заперечення: по-перше, попередні фундаментальні розробки виправдовують наступні; по-друге, розвиток прикладних напрямів ґрунтується на результатах фундаментальних, тому їх розрив приведе до згорання науки як такої, підміни її шарлатанством, псевдоприбутковими проектами тощо. Так, наука за своєю природою не може бути самоокупною. Незатребуваність нинішньої науки визначається головним чином тим, що вона все ще недостатньо орієнтована на впровадження своїх інноваційних розробок в життя, а наша промисловість і аграрний комплекс віддають перевагу негайним дивідендам, не заглядаючи в майбутнє.

Зі структурно-фінансового погляду, звичайно, питання наштовхується на явну нестиківку між правом Академії на самоврядування і не-

обхідністю бюджетного фінансування.

Тепер про наш Інститут. Інститут космічних досліджень був створений в 1996 році спільним рішенням Національної академії наук України (НАН України) і Національного космічного агентства України (НКА України) на базі відділення систем управління Інституту кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України. Від дня заснування Інституту я його директор. Інститут створено з метою організації і проведення в Україні цілеспрямованих наукових космічних досліджень, координації науково-технічної діяльності в сфері дослідження і використання космічного простору.

Основні напрями діяльності Інституту:

- проведення фундаментальних і прикладних досліджень в Космосі, астрофізичних досліджень об'єктів Всесвіту, в тому числі в недоступних з поверхні Землі діапазонах;

- розробка стратегії і принципів використання космічних засобів у дослідженні Всесвіту для вирішення науково-дослідницьких і практичних завдань в інтересах народного господарства;

- розробка і випробування в умовах космосу технологічних процесів і наукової апаратури для космічних досліджень;

- розробка нових принципів побудови і вдосконалення існуючих систем навігації, управління рухом космічних апаратів, моніторингу Землі і Космосу та створення інформаційних космічних систем;

- розробка пропозицій до розробки концепції і стратегії космічних програм.

В Інституті працює понад 120 співробітників, серед них один академік і один член-кореспондент НАН України, десять докторів наук, двадцять кандидатів наук. В складі Інституту є вісім науково-дослідницьких підрозділів і, крім того, Інститут має філіал — Львівський Центр ІКД НАН і НКА України, створений на базі СКБ Фізико-механічного інституту імені Г.В.Карпенка НАН України з загальним числом співробітників — 115 осіб.

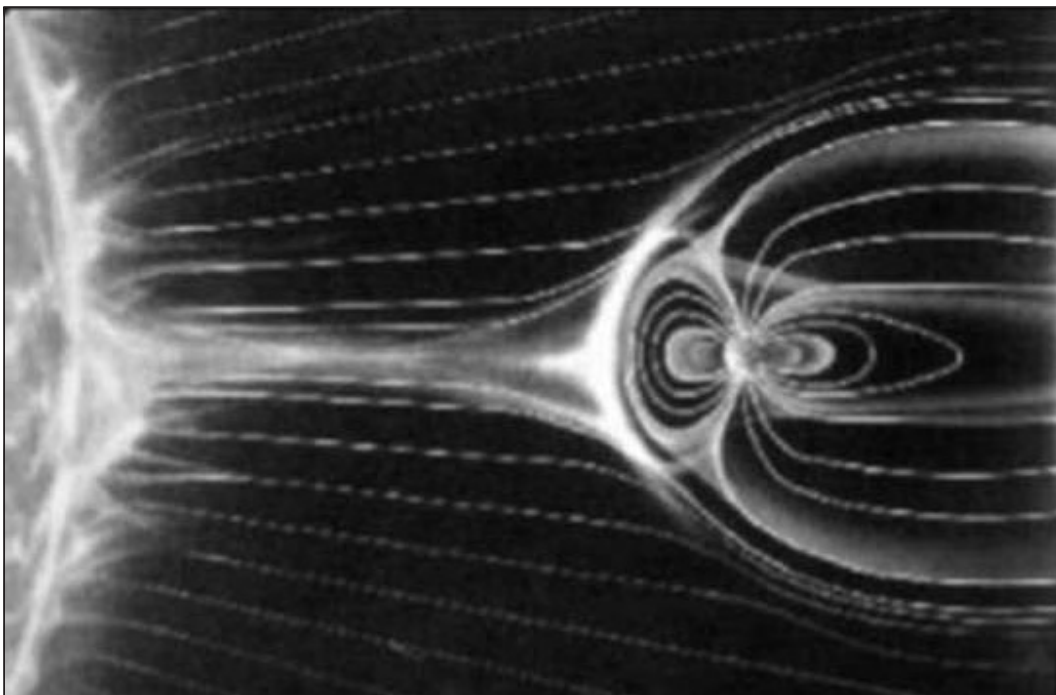
В межах невеликої статті неможливо, хай навіть у найкоротшій формі, розповісти про всі наші основні результати, тому зупинюсь лише на двох напрямках наших досліджень.

Однією з найважливіших проблем, що стоять перед космічною наукою, є вивчення сонячно-земних зв'язків, оскільки процеси, що відбу-

ваються на Сонці, мають визначальний вплив буквально на все, що відбувається на нашій Землі, в тому числі й на нас з вами, читачу. Під сонячно-земними зв'язками звичайно розуміють всю сукупність прямої і опосередкованої дії Сонця на процеси в навколосемному просторі і на Землі.

Існує два канали передачі енергії від Сонця до Землі: електромагнітне і корпускулярне випромінення. Основна частка енергії Сонця — близько 1.37 кВт на 1 м² поверхні (що відповідає потужності електричного чайника) надходить по електромагнітному каналу. Цей потік енергії лежить головним чином у видимому і інфрачервоному діапазоні довжин хвиль. Його величина лишається постійною з високою точністю. Він

Рис.2. Структура сонячно-земних зв'язків



досягає Землі за 8 хв., більшою мірою поглинається атмосферою і повернею Землі й відіграє визначальну роль у формуванні нашого клімату. Випромінення в ультрафіолетовому і рентгенівському діапазоні довжин хвиль дуже змінюється при розвитку активних процесів на Сонці, однак частка його в загальному потоці променевої енергії вкрай мала, а від його згубної дії все живе на Землі захищене атмосферою. Другий канал — корпускулярне випромінювання — будучи в десятки і сотні разів слабшим за величиною енергії, що переноситься, виявляється ключовим при формуванні космічної погоди, і саме його ми в подальшому й розглядатимемо.

Корпускулярне випромінювання складається із сонячного вітру й космічних променів. Космічні промені, які складаються з електричних частинок великої енергії, мають галактичне і сонячне походження. Галактичні енергійні частинки народжуються за межами нашої Сонячної системи, їх потік на орбіті Землі в середньому слабший потоку частинок сонячного походження, особливо в періоди активності нашого світила. Сонячні електричні частинки великої енергії прискорюються під час активних процесів на Сонці і в міжпланетному середовищі. По суті, ці частинки — це проникаюча радіація, яка може зруйнувати молекули живої і неживої природи. На щастя, досягнути поверхні Землі їм не дають магнітосфера і атмосфера. Однак в космосі й навіть під час трансарктичних авіаперельотів вони можуть являти собою загрозу приладам і людям. Саме через дію радіації на електроніку най-

частіше виходять з ладу прилади космічних апаратів.

В цілому концепцію, що описує зв'язок геомагнітних явищ з процесами на Сонці, можна уявити наступним чином. Джерелом енергії геомагнітних явищ є Сонце, яке потоками сонячного вітру передає енергію магнітосфері Землі, що утворюється внаслідок обтікання цим вітром земного магнітного диполя. Енергія від сонячного вітру надходить у магнітосферу лише у випадку, коли міжпланетне магнітне поле має помітну компоненту, паралельну земному магнітному диполю. Якщо швидкість надходження енергії виявляється більшою за швидкість її розсіювання (дисипації), енергія накопичується в магнітосфері. При перевищенні певного рівня накопичення будь-яке збурення поза чи всередині магнітосфери може призвести до виділення цієї енергії (за так званим тригерним механізмом).

Існування сонячного вітру було передбачене ще до початку космічної ери — як за спостереженнями хвостів комет, так і на основі теоретичних міркувань — радянськими, американськими і німецькими вченими в 40-і роки минулого століття. Після того, як удалось встановити, що сонячна корона має дуже високу температуру (за сучасними уявленнями, до 2 млн градусів), стало ясно: плазма сонячної корони не може повністю утримуватися гравітаційним полем Сонця і розбігається в міжпланетний простір. Існування сонячного вітру було доведено експериментально в 1959 р. групою радянських учених за допомогою приладів, встанов-

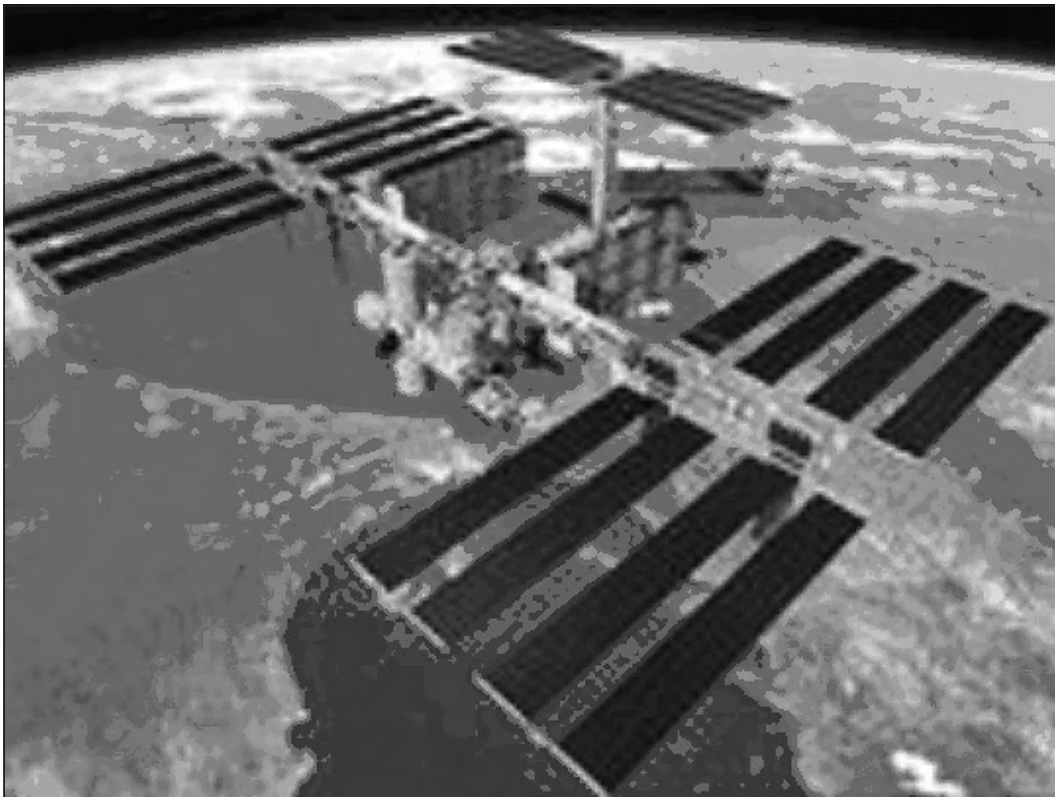


Рис.3. Зображення Міжнародної космічної станції (МКС) в повній конфігурації. Комп'ютерна модель

лених на космічному апараті «Луна-2», а пізніше — «Луна-3».

Для комплексного вивчення фундаментальних проблем сонячно-земних зв'язків з ініціативи Інституту було підготовлено цільову Програму, затверджену Президією НАН України, яку виконують, крім нашого Інституту, Головна астрономічна обсерваторія, Радіоастрономічний інститут та Інститут іоносфери. Предметом досліджень цієї програми є Сонце, його атмосфера і корона, сонячний вітер, магнітосфера і іоносфера Землі. Ці космічні об'єкти зв'язані між собою спільністю фізичних процесів, що забезпечують передачу

електромагнітної та кінетичної енергії від Сонця до Землі. Нині в області сонячно-земної фізики йде накопичення матеріалу, отриманого шляхом спостережень як з космічних апаратів, так і з мережі наземних обсерваторій. Певних успіхів вже досягнуто в аналізі цього матеріалу. Існують також значні досягнення в області математичного моделювання геліо- і геофізичних процесів. Однак лишилось багато нерозв'язаних проблем. Актуальною лишається проблема вивчення характеристик сонячного вітру і їх зв'язку з процесами, що відбуваються на Сонці. Подальшого вивчення потребує проблема впливу

сонячного вітру на магнітосферу і іоносферу Землі. Прогноз земних проявів впливу сонячних подій далекий від реального. Немає робіт, що описують з єдиних позицій ланцюжок: «сонячна атмосфера — сонячний вітер — магнітосфера — іоносфера Землі». Дуже мало робіт базується на одночасних синхронних спостереженнях, які проводяться за допомогою космічних апаратів і наземних телескопів.

З урахуванням викладеного комплексний підхід до досліджень фізичних процесів в ланцюгу: «сонячна атмосфера — сонячний вітер — магнітосфера — іоносфера Землі» в рамках єдиного методологічного підходу приводить до необхідності об'єднання зусиль учених для розробки методів і інформаційних технологій комплексного вивчення сонячно-земних зв'язків як основи прогнозування «космічної погоди».

Заплановані дослідження дадуть можливість отримати принципово нові знання про механізм фізичних процесів, пов'язаних з передачею енергії від Сонця до Землі сонячним вітром, зміна характеристик якого відбивається в навколоземному космічному просторі. Необхідно відзначити, що фізичні процеси, що підлягають вивченню за програмою, неможливо здійснити в земних лабораторних умовах. Тому наукові дослідження, спрямовані на вивчення сонячної атмосфери, сонячного вітру і його взаємодії з магнітосферою і іоносферою Землі, дають можливість отримати принципово нові знання також з фізики плазми і космічних променів, астрофізики, магнітної гідродинаміки і радіофізики.

Можна сказати, що названі дослідження акумулюють в собі всі основні досягнення сучасних космічних наук, а з другого боку — є стимулом для їх подальшого розвитку.

Крім сказаного, вивчення сонячно-земних зв'язків важливе з практичного погляду, оскільки складні динамічні процеси на Сонці через сонячний вітер впливають на стан навколоземного космічного простору, в тому числі, на магнітосферу і іоносферу Землі. Малі когерентні варіації магнітного поля на великих площах і відстанях можуть призводити до техногенних катастроф. Класичний приклад — 1989 рік, коли на кілька годин була знеструмлена провінція Квебек в Канаді. Під час потужної геомагнітної бурі було зафіксовано збої в роботі автоматичних систем перемикання рейок на Північній залізниці Росії.

В періоди максимумів сонячної активності щільність атмосфери на великих висотах зростає, що призводить до швидкого гальмування космічного апарата й істотно зменшує час його існування. Прикладом цього є американська орбітальна станція «Скайлаб» і радянська «Салют-6», які передчасно згоріли в верхніх шарах атмосфери. 15 червня 2000 року під час дуже сильної магнітної бурі було загублено японський супутник «АСКО». Завдяки прогнозам, ці несприятливі дні успішно пережив радянський «Океан». Сьогодні вчені дають прогнози сонячної активності на всі запуски Федерального космічного агентства Росії.

Дослідження останніх років показали, що кількість інфарктів під час геомагнітних бур збільшується в 2



Рис.4. Тайфун у Тихому океані. Знято з борту штучного супутника Землі

рази, на 90% більше трапляється загострень стенокардії і на 83% — інсультів. Частіше утворюються мікротромби. Встановлено вплив сонячної активності на популяційні процеси, епідеміологічну обстановку, на соціальні і навіть на геополітичні процеси, наприклад, спалахи етнічного і державного тероризму, хоч механізми цього впливу ще практично не вивчені.

З урахуванням сказаного ці дослідження потрібні для вирішення ряду практичних завдань в галузі космонавтики, радіозв'язку, метеорології, кліматології, медицини, біології і сільського господарства.

Усвідомлення важливості вивчення впливу сонячно-земних зв'язків на

навколоземний космічний простір останнім часом викликало інтерес як науковців, так і практиків до так званої проблеми «космічної погоди» і до необхідності прогнозування стану навколоземного космічного простору залежно від активних процесів на Сонці. Сонячна активність певною мірою може впливати не тільки на процеси в ближньому космосі, а й на нижню атмосферу, техносферу і біосферу Землі. Зупинимося коротко на впливах геомагнітних збурень на стан і поведінку нас з вами, шановний читачу. Ще в двадцяті роки минулого століття наш видатний співвітчизник О.Л.Чижевський у своїй фундаментальній праці «Земне відлуння

сонячних бур» переконливо показав наявність істотного впливу космічної погоди на людину.

Для вивчення впливу космічних факторів на земні процеси важливий комплексний системний підхід до досліджень явищ та механізмів передачі енергетики Космосу до Землі. Частиною Землі становить її біосфера, тобто біологічні об'єкти й середовище їхнього існування, що піддається їхньому впливові. Тому важливо дослідити і встановити взаємозв'язки між синхронними змінами різних космічних фізичних процесів і змінами стану біологічних об'єктів. Для цього в Інституті було зібрано синхронні дані про сонячну та геомагнітну активність, а також інші параметри космічної погоди (передусім за період з 1 квітня 2003 року до 28 лютого 2006 року). Зібрані також синхронні дані (за той самий час) про такий векторний статистичний показник загострення захворювань і травматизм населення Києва, як щоденна кількість викликів швидкої медичної допомоги у зв'язку з проявами чи загостренням у людей певних типів захворювань та явищ травматизму. Сформовано і поповнюється банк синхронних даних про фактори, які характеризують космічну погоду, зокрема: спостережуване середньодобове відносне число сонячних плям (так зване число Вольфа); середньодобовий потік радіовипромінювання на довжині хвилі 10,7 см; середньодобовий фоновий потік м'якого рентгена; дати викидів корональних мас речовини Сонця в напрямку Землі; і Dst-індекс — головний показник магнітних бур на

Землі, який визначається за даними чотирьох магнітних обсерваторій: Германус, Какіока, Гонолулу та Сан-Хуан, і ще ряд інших параметрів.

Вказані дані було зібрано в основному за матеріалами Служби Сонця (США), Центру збору сонячних індексів (Бельгія), ИЗМИРАН (Росія), Світового центру даних (Японія), а також з бази даних високоорбітального угруповання супутників GOES.

Друга частина банку складається з даних про щоденну кількість викликів Київської міської станції швидкої медичної допомоги (ШМД) у зв'язку з загостренням проявів певного типу захворювань (сумарно за добу реєструється близько 1300 викликів, за місяць — понад 40000). В роботі Київської міської ШМД при заповненні карти виклику використовуються показники захворювання, які ґрунтуються на Міжнародній статистичній класифікації хвороб, введеної Всесвітньою організацією охорони здоров'я. Збираються також дані щоденної кількості травмованих людей за інформацією Київської міської ШМД.

На основі розроблених методів, алгоритмів і програмних засобів аналізу створено відповідну інформаційну технологію обробки даних, що дає змогу співставляти і встановлювати закономірності взаємозв'язків між окремими складовими цього банку даних. Зокрема створено програму для розмежування середнього значення, яке повільно змінюється, та відхилень, що змінюються швидко.

На основі обробки зібраних синхронних даних встановлено зв'язок



Рис.5. Антена радіотелескопа Національного космічного центру України. Крим, Євпаторія

стану організму людини з моментом прояву сонячної активності, яка супроводжується викидами корональних мас речовини Сонця. Використовуючи дані про щоденну кількість викликів ШМД, показано, що впродовж інтервалу часу в два-три дні (на який припадає момент викиду корональних мас) ці прояви сонячної активності в більшості випадків певним чином впливають на загострення чи поліпшення протікання деяких захворювань, зокрема, загострень хвороб психіки, нервової системи і органів чуття, систем кровообігу. Для днів, близьких до дат високої геомагнітної активності, велика кількість викликів

до хворих із загостренням хвороб системи кровообігу припадає якраз на ці дати.

Перейдемо тепер до розгляду іншої глобальної проблеми, ефективного розв'язання якої неможливе без використання космічних апаратів зі встановленою на них спеціальною вимірювальною апаратурою.

Стійкий розвиток інформаційного суспільства неможливий без активного використання спостережень Землі з космосу в інтересах задоволення життєво важливих потреб людства: зменшення збитків від природних і техногенних катастроф, охорони навколишнього середовища,

управління енерго- і водними ресурсами, поліпшення якості життя тощо. На сьогоднішній день системи забезпечення користувачів даними спостереження Землі в тій чи іншій формі існують чи створюються в багатьох країнах світу, навіть у традиційно далеких від космічних досліджень, а також на міждержавному рівні. Найбільш знаковими прикладами міжнародних систем цього типу є Європейська ініціатива GMES (Global Monitoring for Environmental Security), спрямована на розв'язання задач безпеки і екологічного моніторингу, а також всесвітня «система систем» GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), яка має об'єднати системи з усього світу, системи, пов'язані з використанням спостережень Землі.

Україна в числі понад 50 країн підписала меморандум про створення «системи систем» GEOSS і приступила до розробки міжвідомчої системи забезпечення користувачів даними спостережень Землі, яка розглядається як український сегмент системи GEOSS і програми GMES. На жаль, подібні процеси активізувались в Україні лише в останні роки. Однак це дає нам і певні переваги — можливість проаналізувати досвід інших країн, наявні в світі тенденції і визначити своє місце і роль в міжнародних процесах, уникнувши чужих помилок.

Основне завдання на цьому етапі розвитку GMES — гармонізація діяльності країн і організацій-учасників, діяльність яких має бути спрямована не просто на розвиток технологій обробки даних, а на вирішення конкретних задач. Учасники цієї ініціати-

ви ніяким чином не мають дублювати один одного, а тільки ефективно доповнювати.

На відміну від більшості країн східної Європи, які перебувають на стадії інтеграції в програму GMES, Україна має значний досвід космічної діяльності і істотний доробок в галузі розв'язання важливих задач екологічної безпеки на основі супутникових даних. Наукові результати ряду інститутів і організацій України, зокрема Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі НАНУ, Інституту геологічних наук НАНУ, Інституту космічних досліджень НАНУ-НКАУ, Морського гідрофізичного інституту НАНУ, Державного підприємства «Дніпрокосмос» НКАУ, Центру радіофізичного зондування Землі імені А.І.Калмикова НАНУ-НКАУ відомі й визнані не тільки в Україні, а й за рубежом.

На нинішньому етапі головним завданням є об'єднання окремих об'єктів, пов'язаних з тематикою програми GMES, в рамках єдиної автоматизованої системи, яку можна розглядати, як український сегмент GEOSS — GMES (GEO-UA). Кілька років тому в Україні було ініційовано роботу щодо створення подібної міжгалузевої системи забезпечення користувачів даними дистанційного зондування Землі. Кооперацію організацій-розробників системи очолює державне підприємство «Дніпрокосмос».

Головною функцією системи GEO-UA стане інформаційна підтримка прийняття рішень у сфері стабільного розвитку і безпеки. Користувачами продукції мають бути

центральні і місцеві органи державного управління України, а саме: Кабінет міністрів України, Рада національної безпеки і оборони, окремі міністерства, облдержадміністрації, а також Національна академія наук і галузеві академії (аграрних наук, оборони і т.д.). Вони отримуватимуть впорядковані матеріали, зокрема: картографічну продукцію, що відображає глобальні і регіональні сценарії кліматичних, екологічних і соціально-екологічних змін, тенденцій розвитку природних надзвичайних ситуацій; аналіз і прогноз параметрів навколишнього простору в умовах антропогенних навантажень; оцінки небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій і рекомендації щодо ризиків, які становлять базу для прийняття перспективних і оперативних управлінських рішень.

Головним способом виконання завдань системи GEO-UA є інтеграція в рамках проблемно-орієнтованого підходу інформаційних можливостей дистанційного зондування землі (ДЗЗ) і відомчих наземних структур моніторингу навколишнього середовища. Система буде реалізовуватися у вигляді розрізненої міжгалузевої структури в складі:

– *Центральної частини* (ядра) системи GEO-UA у вигляді мережі сервіс-центрів.

– *Тематичних ланок* у вигляді консорціумів або інших інноваційних структур у складі сервіс-центрів. Тематичні ланки структуруються за галузями суспільного інтересу, згідно з

концепцією GEOSS, а саме: Катастрофи, Здоров'я, Енергія, Клімат, Вода, Погода, Екосистеми, Біорізноманіття. Специфічні проблеми воєнної безпеки відокремлено в галузь суспільного інтересу Безпека.

– *Технологічних ланок* для забезпечення даними ДЗЗ і базовими даними громадського користування.

Створення системи GEO-UA стане українським внеском в європейську програму GMES і світову GEOSS. Інформаційна система GEO-UA має відповідати міжнародним стандартам обміну геопросторовою інформацією. Це дасть можливість забезпечити її природну інтеграцію в міжнародні системи використання даних ДЗЗ.

Наостанок хотілося б відзначити таке. Необхідність розвитку космічних досліджень, що дають у кінцевому наслідку відчутну користь для національних економік, останнім часом знайшла розуміння навіть у середовищі так званих країн, що розвиваються — Африки, Азії і Південної Америки. Як приклад, наведу повідомлення нашого посольства в Туреччині. Це країна, яка зовсім недавно перебувала у багатьох відношеннях на задвірках Європи, прийняла рішення про виділення 150 млн. доларів для створення свого Національного космічного центру. Співставте це з обсягами фінансування наших Національних космічних програм в розмірі приблизно 60–70 млн. грн. (не доларів!), і коментарі, очевидно, зайві.

Січень, 2007 р.

