

УДК 528.8.(15):629.78

Стан та перспективи космічних досліджень США в напрямку «Науки про Землю»

В. І. Лялько

Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, Київ

Надійшла до редакції 25.11.99

Представлено аналітичний огляд стану і тенденцій розвитку аерокосмічних досліджень Землі (АДЗ) в США за останнє десятиріччя. Показано, що АДЗ в США розглядається як один з пріоритетних напрямків сучасної космонавтики, розвиток якого на перспективу передбачається в рамках міжнародної та міждержавної кооперацій, що суттєво знижує вартість таких досліджень на національному рівні. Проведено огляд діючих та запланованих до запуску систем АДЗ, а також задач, програм, апаратури та наукових центрів АДЗ. Показано зростаючу роль приватного сектору та можливі спільні дослідження України і США в цьому напрямі.

Ознайомлення з американськими та міжнародними фаховими виданнями, контакти із зарубіжними колегами свідчать, що аерокосмічні дослідження Землі (АДЗ) є пріоритетним напрямком в космічних дослідженнях США (як і інших розвинених країн), поряд з вирішенням навігаційних, телекомунікаційних задач та запуском ракет-носіїв. Про це свідчать, зокрема, обсяги фінансування програм АДЗ (табл. 1). Взагалі вважається, що вирішення комплексних задач в науках про Землю на сучас-

ному науково-технічному рівні неможливе без за-
лучення матеріалів АДЗ. Особлива увага приді-
ляється задачам глобальних змін, включаючи озо-
нову проблематику, потепління клімату, зменшен-
ня лісового покриву, екологічний моніторинг, в
тому числі з метою попередження природних та
техногенних катастроф та ін. Лише використання
інтердисциплінарного підходу на базі матеріалів
АДЗ дозволяє суттєво підвищити коректність, на-
дійність та однозначність вирішення поставлених
задач, включаючи створення комп'ютерних моделей
енергомасообміну в геосистемах. Урядові ор-
ганізації NASA (Національна аeronautична і кос-
мічна адміністрація) та NOAA (Національна оке-
анічна та атмосферна адміністрація) завжди прова-
дили активну стратегію орієнтованої підтримки
проектів АДЗ та вчених різних закладів, що беруть
участь у цих проектах. Особливо слід відзначити
координацію цих робіт на національному і між-
народному рівні, зокрема в рамках працюючого з
1984 року Міжнародного комітету супутниковых
спостережень Землі (EOS).

Глобальні супутникові дані, що зберігаються в
федеральних архівах США, означені в програмі
EOS як проект «Щуп» (Pathfinder), в який входять:
набір даних удосконалого радіометра дуже висо-

Таблиця 1. Обсяги фінансування програм АДЗ [1]

| Назва організації | Доля АДЗ у загальному обсягу фінансування космічних програм, % |
|--|---|
| BNSC (Британський національний космічний центр) | 50 |
| CSA (Канадське космічне агентство) | 24 |
| DARA (Німецьке космічне агентство) | 23 |
| ESA (Європейське космічне агентство) | 19 |
| CNES (Французьке космічне агентство) | 12 |
| NASA (Національна аeronautична і космічна адміністрація, США) | 10 |
| НКАУ (Національне космічне агентство України) | 30 |

кої роздільної здатності (AVHRR), вертикального оперативного зонда TIROS (TOVS), геостаціонарного операційного супутника для дослідження навколошнього середовища (GOES), спеціального датчика мікрохвильового формування зображення (SSM/I), скануючого мікрохвильового багатоспектрального радіометра (SMMR), супутника дистанційного зондування суходолу LANDSAT. Представники програми EOS шукають можливості зробити доступними дані глобальних змін Землі якомога швидше для науковців. Такі «Щупи» успішно супроводжують повторну обробку даних картографічного спектрометра озону, встановленого на супутнику «Nimbus-7» (TOMS), що дозволяє визначити зміни озонового шару, слідкувати за концентраціями діоксиду сірки в атмосфері, для колірного сканера берегової зони, а також за участю супутників EOS та супутника з датчиком широкого поля огляду поверхні моря (Sea-Viewing Wide Field Sensor-SeaWiFs), які постачають часові серії даних щодо біomasи фітопланктону в океані [2].

Серйозним ударом для консорціуму EOSAT і для світового співоварства споживачів даних АДЗ була втрата під час запуску в 1993 р. американського КА LANDSAT-6 (витрати на його створення оцінені в 260 млн. дол.), який дозволив би отримувати як панхроматичні, так і багатоспектральні дані з розподільною здатністю від 15 до 60 м. Ця подія привела до суттєвих змін на світовому ринку даних АДЗ, стимулюючи пошук альтернативних джерел аналогічної інформації шляхом ретельнішого аналізу можливостей діючих та запланованих космічних засобів (наприклад, мікросупутників), вивчення та розширення можливостей використання архівів даних військових розвідувальних КА і т. ін. [1].

Однак останнім часом помітне намагання американської фірми Space Imaging EOSAT завоювати цю частину світового ринку шляхом створення власних комерційних систем АДЗ на базі військових розвідувальних КА. Адміністрація президента та Конгрес США сприяють процесу комерціалізації даних АДЗ, виділяючи кошти на їхню закупівлю для програм NASA.

Супутникова система LANDSAT створювалась в NASA як експериментальна. В кінці семидесятих років панувала думка, що дані спостережень Землі з космосу та топографічні карти не повинні бути предметом комерції. Однак з середини 1980-х років правило було переглянуте і почалася комерціалізація системи шляхом передачі в експлуатацію приватному консорціуму EOSAT. Початково встановлено низький рівень цін на дані (близько 5 дол. за один знімок), що сприяло широкому впровад-

женню їх у сфері дослідження природних ресурсів Землі та в інших галузях господарчої діяльності. Після того як сформувалося усе коло споживачів та було побудовано ряд наземних станцій прийому даних в різних країнах, розпочалося підвищення цін (до 4000 дол. за знімок). Основними споживачами LANDSAT стали Державний департамент сільського господарства та Міністерство оборони США, а також суб'єкти управлінської діяльності розвинених країн.

Основними напрямками використання даних LANDSAT є картографія, землекористування, розвідка нафти та мінеральних сировин, лісове господарство, будівництво, океанографія та вивчення шельфів. Наприклад, компанія EOSAT мала понад 8 тисяч споживачів даних в більш ніж 100 країнах. Незважаючи на це, компанія докладала значних зусиль для розширення кола споживачів даних, сприяючи якомога повному задоволенню їх потреб шляхом створення нових видів продукції, підвищення оперативності постачання інформації та гнучкою ціновою політикою (зниження цін на всі види продукції для країн, що розвиваються, надання пільгових цін на продукцію для наукового використання, знижки при замовленні копій продукції і т. п.).

В 1995 р. EOSAT отримала виключне право на розповсюдження даних за межами Індії з індійських супутників АДЗ серії IRS. Цим компанія значно покращила своє становище після втрати КА LANDSAT-6 та прийняття рішення про те, що експлуатувати КА LANDSAT-7 (створений на замовлення NASA та Пентагону, запущено у квітні 1999 р.) буде Національна адміністрація океанографії та атмосфери США (NOAA).

Об'єднання компаній «Space Imaging» та EOSAT, безумовно, посилило лідеруючу роль американського приватного спектру в комерційній сфері АДЗ [1]. Суттєвим вкладом в створення світового ринку цифрових космознімків видимого діапазону високо-го розрізnenня (до 1 м) є успішний запуск 3 вересня 1999 року компанією «Space Imaging EOSAT» супутника «Ikonos-2» (запуск «Ikonos-1» 27 квітня 1999 р. був невдалим). Хоча вартість цих знімків поки що занадто висока для їх широкого розповсюдження (понад 25 дол./км²), хочеться сподіватись, що вона буде знижуватись, оскільки ринок потенційних користувачів цих знімків (особливо для задач землекористування) є досить значним.

Космічне програмне забезпечення АДЗ в США вимагає як наземних програмних комплексів обробки знімків (типу ERDAS, ArcView та ін.), так і ПК бортових керуючих систем. Співробітники невеликого підрозділу, який входить до складу Центру

управління Mission Operations Directorate при NASA, працюють з великою кількістю програмних засобів. Розробки підрозділу, від систем виробки сигналів повідомлення і до глобальних карт для робіт у режимі реального часу, призначені для виконання на ПК, як і встановлені на борту космічного човника та станції. Для виконання цих робіт розроблювачі змушені працювати на мовах C, C++, Visual Basic та Java. В кожному конкретному випадку застосовуються засоби програмування, які задовільняють вимогам проекту. NASA використовує мови C++ і C++ Builder компанії Borland Inter-

Таблиця 2. Серія супутників EOS

| Супутники (Перший запуск) | Об'єкти досліджень |
|--|---|
| EOS-NM серія (1998) Система спостереження Землі Ранкова зйомка (низхідна) | Хмарні, аерозолі та радіаційний баланс визначення характеристик земної екосистеми; землеристування, ґрунти, наземні енергія та волога, хімічний склад тропосфери; внесок вулканів у клімат; загальна продуктивність океанів (за участю канадської та японської апаратури) |
| EOS — Колір (1998) EOS супутник спостереження за кольором океану | Загальна продуктивність океанів |
| EOS — AERO серія (2000) EOS аерозолі | Розподіл аерозолів та газів, що викликають парниковий ефект в стратосфері та верхній тропосфері (космічний апарат створюється при міжнародному співробітництві) |
| EOS — PM серія (2001) Система спостереження Землі Денна зйомка (висхідна) | Формування хмар, опади, випромінювальні властивості; температура атмосфери та профілі вологості; повітряно-морські потоки енергії та вологи; льодовий стан морів (поширення льоду), вологість ґрунтів та снігу над сушою (за участю європейської апаратури) |
| EOS — ALT серія (2002) EOS альтиметрія | Кругообіг в океані та баланс мас з урахуванням товщини льоду (за участю французької апаратури) |
| EOS — CHEM (2003) EOS хімія | Хімічний склад атмосфери та його динаміка; взаємозв'язок хімічний склад — клімат; обмін хімічними речовинами та енергією між повітрям та морем (за участю японської апаратури) |

Таблиця 3. Апаратура для систем EOS

АПАРАТУРА, СТВОРЕНА ЗА ПОЧАТКОВИЙ ПЕРІОД ПРОЕКТУ EOS (1997—2001 pp.)

Система зондування атмосфери в інфрачервоному діапазоні / Удосконалений блок мікрохвильового зондування / Мікрохвильовий зонд для вимірювання вологості (AIRS/AMSU/MHS) — синергетичний вузол, що забезпечує зондування по температурі і вологості з набагато більшою точністю, ніж сучасні детектори: до 1 К і роздільною здатністю 1 км по вертикалі

national i Visual C++ компанії «Microsoft». Крім того, при програмуванні використовуються Microsoft Visual Basic та Java.

Інтерактивні додатки будуть постачати екіпаж літального апарату інформацією про напрям польоту, швидкість і запас палива. В недалекому майбутньому на човнику буде встановлений Web-сервер і бортова мережа Internet. Для написання Web-додатків використовується HTML і Java, в космосі Java з'явиться в цьому році. Ефективним в плані виконання програми дослідження глобальних змін (GCRP) було проведення в останні роки за ініціативою NASA комплексу міжнародних досліджень по проекту «Місія до планети Земля». При виконанні цих досліджень обов'язковим блоком є впровадження системи навчання кадрів дослідників і користувачів сучасних комп'ютерних технологій тематичного дешифрування матеріалів АДЗ.

Об'єктами скоординованих досліджень є виявлення в часі та просторі глобальних та планетарних змін температур атмосфери, вмісту в ній вуглекислого газу, метану і озону, як показників «парникового ефекту», а також вивчення гідрологічного планетарного циклу для виявлення особливостей переносу газів, розчинів і тепла між гідросфорою і літосфорою Землі та ін. Для реалізації цих задач як в рамках EOS, так і поза ними передбачається запуск серії природоресурсних супутників та створення відповідної інфраструктури забезпечення прийому, зберігання, поширення та обробки інформації АДЗ (табл. 2—4 та рис. 1—3) [2].

Розглянемо детальніше супутники та їхню бортову знімальну апаратуру, які щойно запущені або заплановані до запуску в найближчий час як природоресурсні апарати [3].

«QUICK SCAT»

Побудований за рекордно короткий строк 12 місяців, цей новий супутник NASA спостереження за океанами, був запущений на орбіту 19 червня 1999 року ракетою «Titan-II». Цей супутник буде наступним насівським «Спостерігачем Ель-Ніньо» і буде використаний для кращого розуміння аномалій погоди, «Quick Scat» забезпечить метеороло-

Голова групи — Мустафа Чохін, Лабораторія реактивних двигунів

Закінчення табл. 3

АПАРАТУРА, СТВОРЕНА ЗА ПОЧАТКОВИЙ ПЕРІОД ПРОЕКТУ EOS (1997—2001 рр.)

Удосконалений радіометр для космічних платформ для вимірювання теплового випромінювання і відбиття (ASTER) — одержання космічних знімків з високою розподільною здатністю для земної поверхні, води, хмар від видимого до теплового інфрачервоного діапазону для однієї стереофотографічної смуги, для якої можливе одержання цифрової моделі рельєфу

Система дослідження хмар та енергії випромінювання Землі (CERES) — для супутників із зйомкою вранці, вдень і з нахиленою орбітою, щоб вимірювати радіаційний баланс Землі

EOS супутник для зйомки кольору океану (EOS-COLOR) — спостерігає за кольором океану вдень, що забезпечує безперервні вимірювання SeaWiFS біологічної продуктивності і програма отримання опорних даних, яка має на меті одиничний запуск

Багаточастотний мікрохвильовий радіометр для отримання космознімків (MIMR) — вимірює опади, кількість води у хмарах, температуру на поверхні моря і поширення вітрів, снігу, льоду, еквівалент переходу снігу у воду і вологість ґрунтів

Багатокутовий спектрорадіометр для космічної зйомки (MISR) — глобальні вимірювання характеристик аерозолей, двонаправлені коефіцієнти відбиття, альбедо верхньої частини атмосфери і поверхні Землі, підняття хмар та їх розподіл і властивості рослинності; забезпечує топографічними даними середньої розподільної здатності шляхом стереофотограметрії

Спектрорадіометр з середньою розподільною здатністю космознімків (MODIS) — запущений на дві орбіти, ранкову і денну, для розрізнення хмарового покриву, рослинності, кольору океану, температури поверхні, аерозолів та інших геофізичних та біологічних процесів на суши, в океані і атмосфері

Заміри забруднення в тропосфері (MOPITT) — заміри окису вуглецю та метану

Морські вітри (NSCAT II) — політ призначено на удосконаленому ADEOS II в 1999 р., забезпечить заміри за будь-яких погодних умов приповерхневої швидкості вітру і горизонтального тиску над океанами

Аерозолі стратосфери та газовий експеримент III (SAGE III) — Узагальнення глобальних профілів аерозолів, хмар, озону та пов'язаних з ними компонентів, температури, тиску в стратосфері

Голова групи — Хіроджі Ізу, Геологічна служба (Японія) і Енн Коле, Лабораторія реактивних двигунів

Основний дослідник — Брюс Баркстрем, Дослідницький центр Ленглі, NASA

Основний керівник — Хуг Кристіон, Космічний Центр Маршалла, NASA.

Керівники групи — Рой Спенсер, Космічний центр Маршалла, NASA і міжнародний представник Європейського космічного агентства

Основний дослідник — Девід Дінер, Лабораторія реактивних двигунів

Основний дослідник — Джеймс Дрюмо, Університет Торонто (Канада)

Головний дослідник — Майкл Фрьоліх, Держуніверситет Орегону

Головний дослідник — М. Патрік Мак-Кормік, Дослідницький центр Ленглі, NASA, Голова групи — Вінсент Соломонсон, Космічний центр Годдарда, NASA

АПАРАТУРА ДЛЯ EOS (ПЕРІОД ПІСЛЯ 2001 р.)

Система спостереження за поверхневою щільністю потоку сонячного випромінювання за допомогою смугового радіометра активного зондування (ACRIM) — заміри сонячного випромінювання, що досягає Землі

Визначення орбіт за ефектом Допплера та координатного радіопереміщення, об'єднаних на одному супутнику (напівпровідниковий альтиметр TOPEX, мікрохвильовий радіометр (DORIS/SSALT/TMR) — синергетичний вузол, який забезпечує вимірювання висоти океанської хвилі, швидкості поверхневих течій, топографії морської поверхні, швидкості вітру і профілів водяної пари в атмосфері

Скануючий поляриметр для спостережень за Землею (EOSP) — карти світового масштабу з енергетичної яскравості і лінійна поляризація відбитого сонячного світла, яка дає можливість отримувати характеристики аерозолів

Геосистема з лазерним альтиметром (GLAS) — заміри топографії суходолу, льодовиків, льодових щитів, висот і товщини хмарових і аерозольних шарів

Динамічний лімбовий зонд високої розрізнювальної здатності (HIRDLS) — заміри температури, водяної пари і хімічних компонентів у верхніх шарах тропосфери і стратосфери у світовому масштабі

Мікрохвильовий лімбовий зонд (MLS) — заміри параметрів в світовому масштабі, які мають значення при вимірюванні ступеня виснаження озонового шару (радикали, колектори, постачальники газів) і зміни клімату (водяна пара у верхній тропосфері та інших газів, що викликають парникову дію) того їх паромісту, який не випадає у вигляді опадів через перехід до аерозолів чи хмар

Емісійний спектрометр для тропосфери (TES) — забезпечує у світовому масштабі три-вимірні профілі по суті всіх активних у інфрачервоному спектрі газів, що йдуть із земної поверхні у нижню стратосферу

Основний дослідник — Річард Уілсон, Лабораторія реактивних двигунів

Керівники команди призначаються NASA та CNES (Франція)

Основний дослідник — Лоррі Тровіс, Годдарівський інститут космічних досліджень (NASA).

Голова групи — Боб Шутц, Університет Техасу — Остін

Основні дослідники — Джон Barnett з Оксфордського Університету та Джон Джайлл з Національного центру атмосферних досліджень

Основний дослідник — Джой Уотерс, Лабораторія реактивних двигунів.

Основний дослідник — Рейхард Біе, Лабораторія реактивних двигунів

Таблиця 4. Загальна діаграма діючих та запланованих до запуску КА АДЗ США [1–5]

логів, кліматологів, океанографів цілодобовими детальними знімками океанських вітрів. Програма суттєво поліпшить прогноз погоди.

Доповнюючи дані вітрів, отримані «Quick Scat», з інформацією, отриманою від інших супутників, що ведуть спостереження за океанами, спільно з програмою «Poseidon NASA—Франція», вчені будуть отримувати більш повні дані із діаграмами вітрів, наблизених до реального часу та їх впливу на океанські хвилі та течії. «Quick Scat» доповнить

дані, зібрані іншими супутниками спостереження Землі, такими як постійно діючі за програмою досліджень тропічних дощів TRMM і «Terra».

870-кілограмовий супутник «Quick Scatterometer» несе лише один науковий вантаж — 200-кілограмовий радар під назвою «Морські вітри» з ширину обхвату 1800 км. Радар «Морські вітри» оглядає 90 % поверхні світового океану, вільної від льоду, кожні два дні. На кожній орбіті радар буде збирати і накопичувати 35 МВ наукових даних. Точність

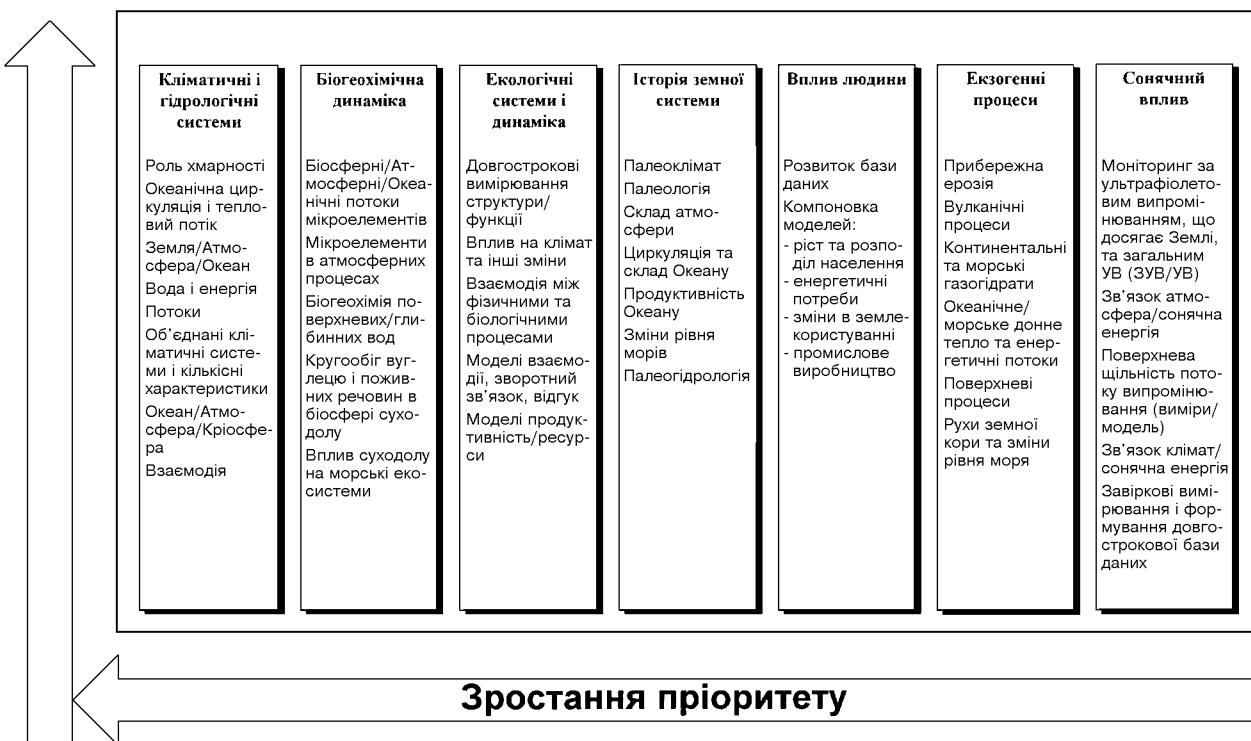


Рис. 1. Огляд можливостей міжнародних систем спостереження Землі та пріоритетів США в «Програмі глобальних змін» (GCRP)

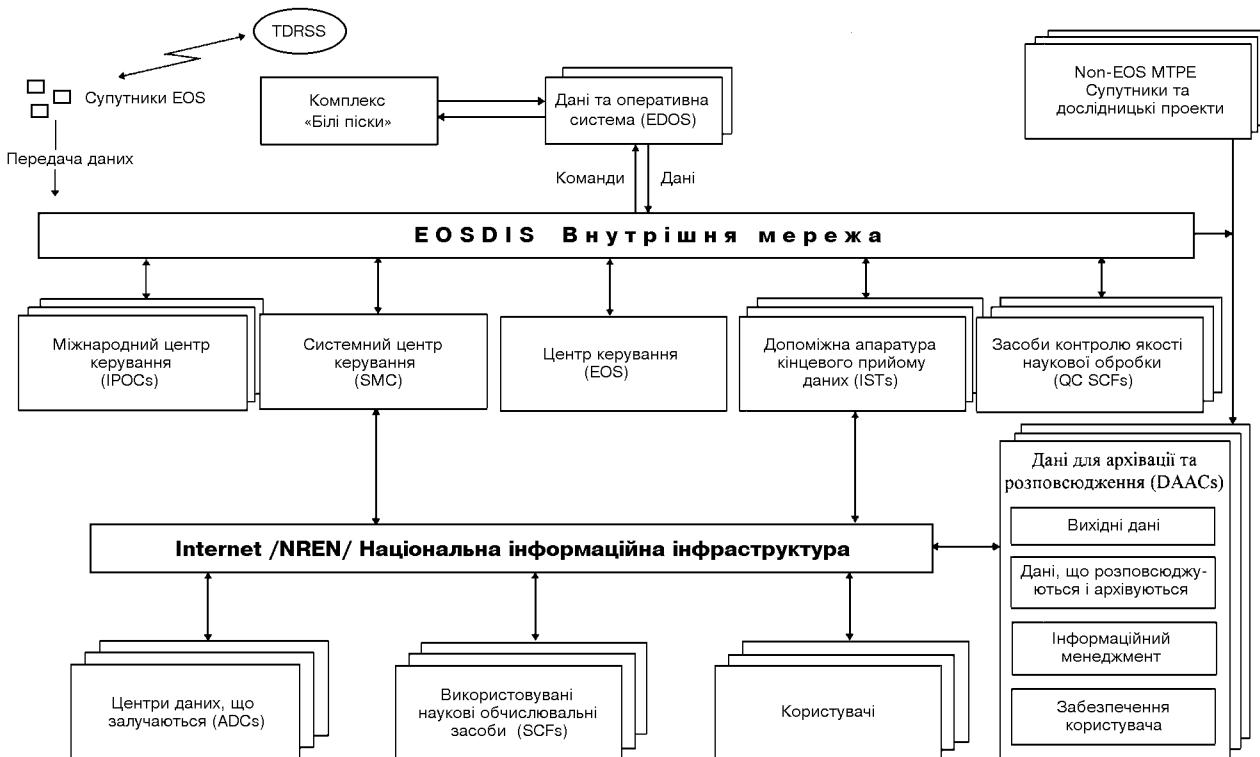


Рис. 2. Структура EOSDIS (система прийому, обробки та розповсюдження даних EOS)

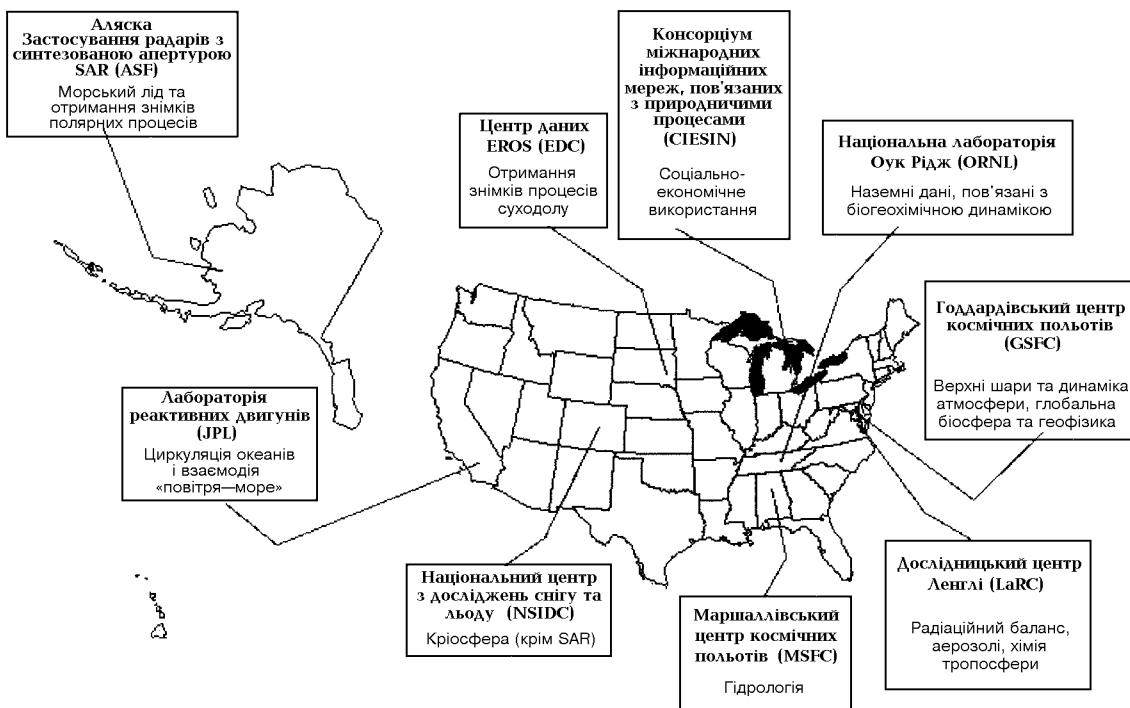


Рис. 3. Центри, що фінансуються за проектом EOSDIS

вимірювань швидкості вітрів буде крашою, ніж 2 м/с для швидкості вітрів 3—20 м/с і 10 % для вітрів від 20 до 30 м/с. Сформульовано 5 наукових цілей:

- 1) Отримання при будь-якій погоді даних з високою роздільною здатністю щодо швидкості вітру біля поверхні світових океанів.
- 2) Визначення впливу атмосфери, відгуку океану та взаємодії «повітря—море», їхніх механізмів в різних просторових та часових масштабах.
- 3) Комбінування даних про вітер та вимірювання іншої апаратури, щоб краще зрозуміти механізми глобальних кліматичних змін і різновиди погоди.
- 4) Вивчення річних і піврічних вегетаційних змін лісів під впливом дощу.
- 5) Вивчення добових/сезонних переміщень кромки морського льоду і змін пакового льоду Арктики та Антарктики.

ЗАТРИМКА ЗАПУСКУ GOES-L

США не захотіли запускати GOES-1 в період кінець серпня — середина жовтня 1999 року, бо тоді супутник попадає в 72 хв періоди без сонячного світла кожен день в районі осіннього рівнодення.

Для космосу GOES-L перейменують в GOES-11 і об'єднають з GOES-10 як американські геостаціонарні супутники. Після тестування GOES-L буде служити як резервний супутник, готовий замінити старий супутник GOES, якщо буде необхідно. GOES-8, який охоплює східне узбережжя США та Атлантичний океан, вже перевищив свій запропонований 5-річний строк життя. GOES-9 показав ознаки можливої аварії, і в 1998 році був усунутий з програми. Однак він все ще вважається орбітальним «резервом». Тим часом 20-річний GOES-7 був переміщений у положення над Тихим океаном. Захоплюючи південний захід Гаваїв, він стає частиною програми PEACE SAT, частиною навчально-го і комунікаційного експерименту «PanPacific» за участь супутника. Програма PEACE SAT забезпечить необхідне утримання GOES-7, тоді як NOAA продовжує забезпечувати інженерну частину проекту, пов'язаного з GOES.

«QUICK BIRD-2»

Корпорація «Ball Aerospace and Technology Corp.» отримала замовлення від об'єднання «Earth Watch» побудувати однометрову космічну систему «Quick

Bird-2». Кульовий фотоапарат високої роздільної здатності (BHRC 60-Ball High Resolution Camera) може отримувати космознімки поверхні Землі з роздільною здатністю 1 м для панхроматичних і 4 м для багатоспектральних знімків. У зв'язку з інтенсивною розробкою космічного апарату «Quick Bird» надійшло додаткове фінансування, що дозволило об'єднанню «Earth Watch» продовжити створення інфраструктури для підсилення системи отримання космознімків Землі. Запуск системи «Quick Bird-1» було заплановано на кінець 1999 року.

ПРОГРАМА РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ТОПОГРАФІЇ

За допомогою німецької радіолокаційної апаратури X-SAR і американського радара (NASA/JPL) SIR-C зі С-смугою, тривимірні карти Землі можна отримувати безпосередньо з космосу. За програмою «Shuttle» з радіолокаційної топографії було використано восени 1999 р. інтерферометрію за допомогою радара з двома окремими антенами, винесеними на 60 м від літального апарату. Щогла, яка буде тримати дві радарні антени, буде найбільшою у розкладеному вигляді конструкцією, яка коли-небудь літала у космосі. Датчики SRTM будуть забезпечувати точкові виміри для Землі через кожні 30 м з точністю 16 м по висоті. Дані SRTM будуть отримані для всього суходолу, який лежить між 60° північної та 54° південної широти. Це близько 80 % всього суходолу Землі, який був зареєстрований на 300 магнітних стрічках з високою щільністю, що еквівалентно близько 10 терабайтам даних.

С-смуговий і Х-смуговий інтерферометри тестуються на інтерфейсі «Shuttle», а робота апаратури моделюється на наземній станції в Х'юстоні (Техас). Блок з апаратурою STRM буде розміщено на вантажній платформі КА «Endeavour». Лабораторія реактивних двигунів (JPL) відповідальна за розробку радіолокаційного інтерферометра з С-смугою, а супутників системи фірми Дорнєс (ФРН) відповідають за розробку радіолокаційної системи X-SAR. Радіолокаційні системи успішно літали раніше за програмою «Космічна радіолокаційна лабораторія», у квітні 1994 року — SRL-1, у вересні—жовтні 1994 р. — SRL-2.

Запуск «Shuttle» за програмою «Радіолокаційної топографії» (SRTM) здійснено у вересні 1999 року.

«POLAR»

Лабораторія полярної плазми «Polar» (НАСА) від-

крила новий різновид полярного сява. Нове північне сяво викликане наелектризованими згустками, які вважають викидами маси із сонячної корони, які мандрують із швидкістю 2.5 млн км/год і створюють міжпланетарні ударні хвилі, які «трамбують» магнітне поле Землі. Більш загальний різновид земного полярного сява формується за рахунок процесу, який починається, коли магнітні поля, що розповсюджуються від полюсів, тягне від Сонця і Землі сонячний вітер. Коли ці магнітні поля перекриваються, вони анігілюють і в результаті створюють гарячий наелектризований газ, що викликає кольорове світіння серед ночі на високих і низьких широтах.

Це нове відкрите полярне сяво з'являється на одних і тих же широтах, але на відміну від відомих сяїв з'являється опівдні, саме тоді, коли вони повинні підсвічуватися Сонцем. Ось чому досі не було повідомлень про нього. Крім того, ці денні сяїва дуже швидко рухаються, набагато швидше і в протилежному напрямку, ніж звичайне сяво.

Лабораторія «Polar» основний виробник апаратури, яка вивчає вплив сонячного віtru на Землю, серед якої ультрафіолетовий фотоапарат і система отримання зображень у видимій частині спектру.

ФІНАНСОВІ ВИТРАТИ ТА ПРИОРИТЕТИ АДЗ

Для характеристики пріоритетів в АДЗ цікаво проаналізувати фінансові витрати, що передбачаються NASA в цьому напрямі на 2000 рік, які складають 1459 млн дол. [8].Хоча ця сума вище уявлень українських дослідників, які хочуть брати участь в експериментах з АДЗ на міжнародній станції, проте американські політики, святкуючи 30-річчя першої висадки людини на поверхню Місяця, одночасно прийняли рішення про суттєве скорочення асигнувань на космічні дослідження.

Мета програми «Науки про Землю» в рамках «Earth Science Enterprise» (ініціатива) складається з розвитку і удосконалення міждисциплінарних досліджень Системи Земля і впливу людини на навколоінше середовище. Головний акцент зроблено на найближчі результатах, які включають завчасне попередження і швидку реакцію на глобальні зміни, що можуть спричинити шкоду суспільству, серед яких зміни клімату, озону в атмосфері і природні катастрофи.

Важливою пріоритетною областю вважається точна оцінка розповсюдження і стану світових і американських лісів, пасовищ, сільськогосподарських ресурсів. Спостереження з космосу є єдиним джерелом об'єктивної інформації про вплив клі-

матичних змін і використання землі людиною в епоху швидкого розвитку землекористування.

З цієї статті фінансуються дослідження і аналізи, «Наука про Систему дослідження Землі», дослідження з літаків, прикладні сфери дистанційного зондування і комерційне співробітництво ДЗ з промисловістю. Більш ніж 1700 видів діяльності у сфері «Науки про Землю» фінансуються з цієї статті. Приблизно 900 із них виконують університети, 100 — національні дослідницькі лабораторії і 700 — федеральні агентства в загальній кількості 45 штатів із 50 штатів США.

Програма виконання і функціонування (1042.7 млн дол.) містить програми запуску супутників та інформаційні системи. Система спостереження Землі (EOS), найбільший елемент ініціативи NASA щодо «Науки про Землю» (663.2 млн дол.), є програмою, яка включає розробку багатьох супутників, забезпечення замірів ключових параметрів, що зачіпають багато сфер досліджень, які допоможуть зрозуміти проблемні кліматичні зміни. Перший космічний корабель EOS-EOSAM-1 і LANDSAT-7 — був запланований до запуску в 1999 році. Бортова апаратура AM-1 дасть можливість вивчити фізичні і радіаційні властивості хмар; обмін енергії в системах «повітря—суходіл» і «повітря—море»; обмін в цих системах вуглецю і води; заміри слідових газів в атмосфері і вулканологія.

LANDSAT-7 буде заміряти величини, пов'язані із землекористуванням і процесами на суші, доповнюючи і покращуючи дані, отримані попередніми LANDSAT, на основі яких побудують найбільшу базу даних космічних знімків земної поверхні середньої роздільної здатності. Ця програма разом з програмами EOS PM-1 і «Хімія-1» («Chemistry-1») допоможуть виконати фундаментальні вимірювання EOS, які поліпшать розуміння системи Землі. PM-1 і «Chemistry-1» плануються до запуску відповідно 2000 і 2001 рр. Програма EOS також включає кілька малих космічних апаратів, таких як «Jason-1», «QuickScat», ICESat, «Solstice», ACRIM за американсько-французькою програмою TOPEX/Poseidon.

Програма космічних апаратів спостереження Землі (138.2 млн дол.) лишається важливим питанням в програмі «Науки про Землю», яка доповнює і оновлює інші частини ініціативи NASA «Науки про Землю». Вона також гнутика щодо нових можливостей міжнародного співробітництва і технічних нововведень.

Програма «Triana» включає космічний апарат спостереження Землі, який зосереджений на «Sun-Earth L1», що забезпечує кольорові знімки освіт-

леного Сонцем диску Землі у реальному режимі часу з високою різкістю. Ця програма буде включати два основних наукових експерименти, сфокусованих на вивчені хмар і аерозолей, які впливають на клімат і концентрацію озону у верхній атмосфері. В листопаді 1998 р. для розробки і проведення програми «Triana» був вибраний Інститут океанографії (Scripps Institute of Oceanography). Запуск заплановано на грудень 2000 року.

«Picasso-Сена», третя програма «Щуп» в програмі «Науки про Землю», була вибрана в грудні 1998 року. Програма звернена на визначення ролі хмар і аерозолей в атмосфері і їх впливу на температуру Землі. Разом з програмою EOS PM-1, «Picasso-Сена» дозволить вченим-природознавцям вивчати тривимірну структуру атмосфери і її значення для погоди і клімату Землі.

Інформаційна система EOS (EOSDIS, 231.5 млн дол.) буде слугувати тисячам користувачів, забезпечуючи їх необхідними даними та інформацією, яку будуть отримувати за програмами, що фінансує NASA, починаючи з вересня 1995 р. EOSDIS буде управляти космічним апаратом EOS, збиратиме і розподіляти базові дані, зібрані EOS. Програма закладе фундамент як для уряду, так і для комерційних та наукових партнерів для того, щоб створювати інформаційні продукти високого рівня, що дозволить зробити вимірювання точнішими, доступнішими для розуміння і корисними для дослідників, викладачів, адміністративних керівників і широкого загалу. EOSDIS заснований на проекті, який весь час поліпшується. Він включає в себе вибір на конкурентній основі партнерів з промисловості і з академії, щоб забезпечити інформаційним службам і продуктам комерційну цінність і використати нову обробку даних і технологію аналізу. EOSDIS підтримують всім архівних центрів, які активно розподіляють дані (DAACs — Distributed Active Archive Centers), тоді як американські GSFC і LaRC DAACs успішно підтримують наукові програми обробки і управління даними для апаратури CERES і LIS по програмі TRMM, починаючи з запуску TRMM в листопаді 1997 р. В лютому 1999 р. EOSDIS завершить розвиток тим, що буде запущено AM-1 в третій чверті року. EOSDIS почне обробку, архівaciю та розповсюдження даних від LANDSAT-7 і AM-1 в 1999 р. До кінця року DAAC архівний том, доступ для користувачів і розподіл продуктів повинні значно зрости.

Активні інформаційні зв'язки з іншими країнами, включаючи Канаду, Японію, Росію, Ізраїль, Австралію і кількома європейськими країнами продовжують розвиватись. За минулих три роки більш ніж 60 міжнародних угод між Ініціативою та іно-

земними урядами було підписано за програмами «Науки про Землю», в яких беруть участь більш ніж 35 країн Землі.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ (98.5 МЛН ДОЛАРІВ)

Удосконалення технологій в програмі «Науки про Землю» включає інвестування в технології, які розвивають апаратуру для того, щоб різко зменшити ціну майбутніх програм (після 2002 р.). Інтегрована технологія мостить шлях для ряду програм «кращих, швидших, дешевших». Програма Нового тисячоліття сфокусована на ідентифікації і демонстрації удосконалених технологій, які знижують вартість або поліпшують технічні характеристики апаратури для космічних носіїв. Програма підсилює партнерство з промисловістю, академічними та іншими урядовими агентствами, здійснюючи розвиток передових технологій, методик та інженерних можливостей, які б зменшили вартість розробок і діючих програм.

Ініціатива «Науки про Землю» буде продовжувати розвиток удосконалених безперервних системних інформаційних технологій для збору і розподілу інформації про систему Земля і технологію для користування широким загалом і приватним сектором. Програма «Нове тисячоліття» включає програму спостереження Землі (EO-1 і EO-2), які будуть включати удосконалений формувач зображень суходолу і експеримент з когерентним швидким лідаром на космічній платформі «Shuttle» (Instrument Incubator Program). Програма апаратурних інкубаторів підтримує розвиток нової апаратури і вимірювальних методів, виходячи з концепції лабораторних розробок, наземної і повітряної завірок, пропонуючи можливості для своєчасного розвитку нових технологій та їх злиття з програмами NASA. Розвиток удосконаленої технології інформаційних систем буде відігравати ключову роль у програмах «Науки про Землю», коли ми підемо в наступне століття.

ЗАСТОСУВАННЯ, КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЯ І ОСВІТА (74.8 МЛН ДОЛАРІВ)

Впродовж базових досліджень по програмі «Науки про Землю», ESE також проводить «Дослідження із застосувань», щоб допомагати університетам, державним і місцевим адміністраторам даними ДЗ і застосуванням науки до вирішення практичних проблем. ESE установила сім регіональних центрів використання результатів «Науки про Землю»

(RESACs), щоб націлiti зусилля на специфічні регіональні питання.

Програма «Комерційного ДЗ» (CRSP) в Космічному центрі «Stennis» співпрацює з промисловістю, яка розповсюджує досягнення даних ESE в рамках економіки США. Дякуючи партнерству з CRSP, компанії націлені на допомогу розвитку інформаційного продукту і на перевірку нової апаратури ДЗ або можуть служити постачальниками даних для NASA та інших споживачів.

ESE також працює як тренажер для нового покоління природознавців, щоб дати можливість застосувати інформацію в їхніх наукових учебових планах. Один із таких засобів — це програма «Глобального навчання і спостережень» за навколошипним середовищем (GLOBE), яка зв'язує наукові дисципліни з освітою.

Слід відзначити високий рівень використання в США даних АДЗ комерційними фірмами для вирішення таких актуальних та поширеніх задач, як задачі земельного кадастру та управління врожайністю, пошуків корисних копалин, оптимізації планування міст та ведення міського господарства, екологічного моніторингу та ін. При цьому широко використовуються створені в США фірмами ERDAS та ESRI одні з найкращих в світі програмні продукти обробки та тематичного дешифрування матеріалів АДЗ в рамках ГІС-технологій ERDAS IMAGINE, ArcInfo, ArcView та ін. Ці продукти контролюють понад 60 % світового ринку програмного забезпечення подібного типу у 106 країнах. З 1992 по 1997 рр. попит на продукцію АДЗ в США майже вдвічі перевищив прогнозований рівень. Якщо ж в найближчі п'ять років буде запущено близько 50 супутників АДЗ з роздільною геометричною здатністю знімків до 1 м та широким вибором спектральних смуг, прогнозується ще стрімкіше зростання попиту на вказану продукцію. Зараз в уряді ведеться важлива робота, завдяки якій знімки з недосяжних раніше джерел збираються в несекретний формат через вибрані канали. Мета в тому, щоб зробити ці дані доступними в державних організаціях, які займаються надзвичайними ситуаціями — пожежами, ураганами, повенями, землетрусами та ін.

Технології дистанційного зондування можна знайти майже в кожному урядовому агентстві, де вони використовуються для дослідницьких та прикладних цілей. До таких відомих федеральних організацій відносяться Державний департамент, Федеральне агентство з надзвичайних ситуацій (FEMA), Лісова служба, Управління з охорони навколошипного середовища, Бюро перепису, Федеральна асоціація авіації, Національний відділ без-

пеки на транспорті, ФБР, Міністерство енергетики, Служба парків і Геологічна служба США. Спеціальні урядові лабораторії, які використовують програмне забезпечення, включають, але не обмежуються наступними закладами: Sandia, Lawrence Livermore, Pacific North-West, Топографічний інженерний центр, Центр контролю захворюваності, Експериментальна станція водних шляхів, Національні лабораторії Argonne, Національна лабораторія Oak Ridge. NASA та JPL — дві головні сили просування технології дистанційного зондування.

ТЕНДЕНЦІЇ НА НАЙБЛИЖЧЕ МАЙБУТНЄ, ПРОБЛЕМИ ТА ЗАПРОПОНОВАНІ ДІЇ

Тут ми бачимо зв'язок між удосконаленнями технології, ростом ринку ГІС і дистанційного зондування. Спостерігається також тенденція відходу від замовних апаратно-прив'язаних рішень до рішень у вигляді гнучкого корпоративного програмного забезпечення. З цим пов'язаний розвиток застосування ГІС та дистанційного зондування від окремих розрізнених користувачів до цілої корпорації і розповсюдження технологій до рівня всього суспільства. З появою метрового розділення знімки «персонального масштабу» стануть каталізатором таких змін в майбутньому Internet, який стане головним каналом розповсюдження даних АДЗ, з'явиться канал «домашніх покупок» для замовлення зображень, до якого будуть звертатись через «інформаційний прилад», відомий зараз у вигляді трьох окремих пристрій: телевізора, телефона і комп'ютера. Суттєво також і те, щоб в майбутньому ця технологія більше допомагала людям з обмеженими можливостями. Вже проводились численні гуманітарні акції з надання допомоги з використанням даних АДЗ. Ці зусилля повинні розширюватись і далі. Сьогодні головна проблема, яку потрібно вирішити — конкуренція держави з приватним сектором в області розробки програмного забезпечення. Уряд повинен прийняти комерційні базові стандарти, які оправдали себе, і будувати все на їх основі, а не створювати «доморощені» коди, які дорого підтримувати «для себе», і навряд чи можливо буде впровадити в середовище масових користувачів.

Звідси видно, що проблема взаємодії держави і розробників комерційних програмних продуктів стоїть в США досить гостро. Але, на відміну від нашої країни, пошук шляхів її швидкого ефективного вирішення широко обговорюється на самому високому рівні із залученням обох зацікавлених сторін і з врахуванням інтересів всього суспільства. Подібні ініціативи підтримуються керівниками са-

мого високого рангу, такими, як віце-президент Альберт Гор, чия концепція «розумного росту» націлена на полегшення і розширення доступу спільноти до географічної інформації і засобів обміну інформацією. Очоливши рух за створення умов, комфортиних для життя, Гор заявив, що використання ГІС-технологій і розповсюдження географічних даних дасть «більше важелів контролю, більше інформації, більше засобів прийняття рішень сім'ям, громадам і регіонам, що забезпечить їм свободу і гнучкість в відстоюванні свого унікального місця в цьому світі» [ArcView, 1999, N 4, 11, стор. 9].

Інтеграційна стратегія глобального огляду Землі, викладена в публікаціях американських фахівців в останні роки [7], перегукується з принципами діяльності міжнародного комітету CEOS, який об'єднує багатьох національних і міжнародних агентів та програм. Авторами підкреслюється, що максимальна віддача від АДЗ можливі лише при умові оптимізації міжнародної кооперації КА з обов'язковим забезпеченням наземних калібрувально-завіркових полігонів та літакових субсинхронних зйомок в різних спектральних діапазонах. Для підвищення ефективності використання матеріалів АДЗ рекомендується (і широко впроваджується) їхнє різноманітне рекламиування, організація спілок та проведення учбово-технічних семінарів користувачів АДЗ, узгоджені між виконавцями програми запусків космічних апаратів з метою уникнення дублювання зйомок, підтримки проектів довгострокових досліджень, розробка стимулюючих методів для прискореного переходу від виключно наукових робіт до робіт прикладної направленості (зокрема, в рамках міжнародної кооперації). Особливо наголошується на створенні глобальної мережі наземних калібрувально-завіркових полігонів, сковищ баз даних та центрів комп'ютерної обробки одержаних знімків. Пропонується суттєву увагу приділити виконанню міжнародних програм систем огляду клімату, океану та суходолу (GEOS, GOOS, GTOS). Визначено шість глобальних пріоритетних пілотних проектів: верхня атмосфера, озоновий шар, ліси, зв'язок явищ на поверхні та циркуляції і кольору океану, моніторинг та передбачення природних та техногенних катастроф. Ці проекти планується виконувати при міжнародних організаціях FAO, IOC UN, UNESCO в рамках програм WMO, ICSU, IGBP, а також за підтримки міжнародної групи агентств, які фінансують дослідження глобальних змін (IGFA).

Дослідження Землі з борту Міжнародної космічної станції (ISS), проектування якої почалось в США в 1988 році, а будівництво — з 1998 року,

головним чином будуть присвячені вивченням регіональних та глобальних змін клімату, стану земель та акваторій, умов землекористування та геологічних умов, а також моніторингу природних та техногенних катастроф. Нахил площини орбіти станції 51.6° дозволить спостерігати до 75 % земної поверхні, де мешкає близько 95 % населення Землі. В американському модулі станції для таких спостережень різноманітного спектро- та радіометричною апаратурою передбачене спеціальне нижнє вікно. Планується розробка вдосконалених сенсорів для отримання зображень не лише Землі, але й Марса (при подальших експедиціях), аналізу їхньої атмосфери, пошуку корисних копалин і можливих скupчень підземного льоду. У зв'язку з тим, що існуючі обмеження по площі і огляду звужують головну програму NASA з вивчення Землі з космосу на МКС, NASA підготувала кілька попередніх планів досліджень.

«Система спостереження Землі» (EOS) як частина місії NASA з вивчення Землі передбачає ряд супутників з полярними і низько нахиленими орбітами для довгострокових глобальних спостережень земної поверхні, біосфери, твердої оболонки землі, атмосфери і океанів. Для реалізації програми вивчення Землі з космосу на МКС передбачені спеціальні виносні платформи. Як відомо, нахил орбіти МКС дозволяє часто звертатись до спостережень густонаселених частин земної поверхні в низьких і середніх широтах. Області, які досліджуються, можуть спостерігатися протягом цілого циклу, що дозволяє досліджувати короткосезонні явища, такі як щоденне скupчення хмар або значні засухи. Планується так званий «Стратосферний аерозольний і газовий експеримент-III» (SAGE-III). Він має двокомпонентну структуру. Одна частина апаратури буде прикріплена до МКС ззовні, друга розміститься в космічному апараті, що запускається на полярну орбіту. SAGE-III буде вимірювати профілі атмосферних аерозолів, озону, двоокису азоту, температуру, тиск і вміст водяної пари. Спостереження місячних затемнень дадуть можливість вимірювати суто нічні різновиди триокису азоту і двоокису хлору.

Важливою частиною ініціативи з розвитку «Наук про Землю» NASA є програма вивчення «Твердої Землі та природної небезпеки» (SENH). Основні цілі цієї програми:

1. Проведення фундаментальних і прикладних досліджень для розуміння процесів на Землі, які призводять до природних катастроф, і поліпшення оцінки риску для найвразливіших областей.

2. Накопичення інформації, планування і розвиток нової космічної геодезії і технології дистанцій-

ного зондування для кращого розуміння небезпечних земних процесів, оцінок риску і характеристики лиха.

3. Встановлення зв'язків між NASA та службами попередження природних катастроф.

4. Координування міжнародної космічної діяльності з програм досліджень і проектів польотів, зв'язаних зі спостереженнями природних катастроф.

В квітні 1998 р. уstanova NASA з «Наук про Землю» опублікувала результати річних досліджень з «Твердої Землі і природних небезпек» і повідомлення про прикладні дослідження (NRA-MTPE-1997-10). Пропозиції були об'єднані в десять широких категорій: статична і змінна гравітація, орієнтація Землі, кутовий момент земної системи, геомагнетизм, характеристика змін рівня моря, прибережні «небезпеки», повені, небезпечні наслідки короткосезонних кліматичних варіацій, вулканічні небезпеки, геологічні і археологічні додатки даних вивчення Землі з космосу. Були відібрані пропозиції для концентрації уваги на використанні NASA космічної геодезії і технології дистанційного зондування для поліпшення нашого розуміння фізичної динаміки твердої Землі (включаючи взаємодію з атмосферою, океаном і рідкою корою) і демонстрації можливостей цієї технології в оцінці природних катастроф (землетруси, вулканічні виверження, повені, засухи, сильні шторми і прибережні небезпеки). Створена система статичної обробки і аналізу даних з фізики космосу (PSAS). Її мета — передбачення глобальних атмосферних явищ. Існує також система поточного аналізу: Goddard Earth Observing System — Data Assimilation System (GEOS-DAS), яка використовує апроксимацію рівнянь. Управління наук про Землю NASA (Office of Earth Science, OES, Code Y), яке очолює заступник адміністратора NASA доктор Хасем Асрар, здійснює координацію дій учасників і керування експериментами. При адміністрації NASA існує Консультаційна рада, постійний комітет якої з наук про Землю очолює доктор Стівен Вовси. При цьому NASA визнало стратегічним напрямом в науках про Землю програму «Місія до планети Земля» (Mission to Planet Earth, MTPE), виконання досліджень з якої закріплена за Goddard Space Flight Center, інструментальні технології — за Jet Propulsion Laboratory, атмосферні дослідження — за Langley Space Center та комерційне дистанційне зондування Землі — за Stennis Space Center.

Адміністрація стратегічного напряму відповідає за задоволення потреб замовників, довгострокове фінансування, контроль за виконанням робіт.

США проводить політику активного співробіт-

ництва з багатьма країнами, в тому числі і з Україною. Так, у 1998 році за фінансової підтримки Конгресу США (виділено 5 млн дол. терміном на півтора роки) створено спільний українсько-американський Центр менеджменту Землі і ресурсів, який повинен займатись спостереженнями України з космосу та обробкою одержаних матеріалів на основі сучасних ГІС-технологій з метою вирішення актуальних для нашої держави задач (контроль екологічного стану водоймищ та паводкових ситуацій, стану сільськогосподарських угідь тощо). В наглядово-технічну раду Центру входять вчені НАН України (академіки В. Г. Бар'яхтар, В. П. Кухар, О. О. Созінов, член-кор. В. І. Лялько, професор В. В. Лось). Проведені у 1998—2000 рр. засідання цієї ради показали, що ефективна робота вказаного Центру можлива за умови тісних творчих зв'язків і виконання спільних проектів з науковими і промисловими установами та підприємствами України, що мають багаторічний досвід роботи в галузі дослідження Землі.

ВИСНОВКИ

Зараз уже загальновизнано, що без розвитку космічних досліджень і технологій неможливий розвиток цивілізації на Землі. В комплексі вказаних досліджень аерокосмічне дослідження Землі (АДЗ) займає одне з пріоритетних місць. Найпідготовленішими в області використання сучасних технологій в АДЗ країнами є США, Франція, Росія, Англія, Німеччина, Канада, Індія, Японія, Китай, Нідерланди. З них тільки Англія, Німеччина, Італія і Нідерланди не запускають супутники самостійно.

Початковим етапом робіт з АДЗ є дослідження тонких фізико-технічних і біологічних механізмів, які формують спектральний образ (сигнал) земних утворень під впливом різних природних і техногенних факторів з метою утворення відповідних моделей формування спектральних сигналів. Далі, на базі цих моделей розроблюються методики та технології виконання зйомок і інтерпретації їх результатів. Сучасна схема функціонування і розвитку АДЗ складається з трьох блоків: космічні та авіаційні апарати з бортовою апаратурою АДЗ — наземні калібрувальні полігони — наземні центри прийому, обробки і розповсюдження інформації АДЗ. Кінцевим продуктом АДЗ є тематично інтерпретована інформація з обов'язковим використанням комп'ютерних технологій для вирішення задач конкретних природоресурсних і природоохоронних задач. При цьому найважливішою характеристи-

кою, що суттєво впливає на якість і достовірність результатів, є вимога до високої просторової і спектральної роздільності (для видимого діапазону — не більше 10 м і 3 нм відповідно). Структура комп'ютерної обробки і використання інформації АДЗ повинна складатися з трьох блоків: даних (дистанційних і наземних) про стан навколошильного середовища — ГІС (комп'ютерна геоінформаційна система), яка обробляє вказані дані, створюючи банки даних і обчислюючи крайові умови для моделей енергомасообміну в геосистемах — моделювання енергомасообміну для прогнозування екологічного стану, пошуків корисних копалин і вирішення інших природоресурсних задач з метою прийняття управлінських рішень з оптимального природокористування.

Наукові і прикладні дослідження з АДЗ, які проводяться в США і країнах Європи, базуються, в основному на результатах багатоспектральних зйомок у видимому, інфрачервоному і радіодіапазонах, одержаних бортовою апаратурою високої роздільної здатності, встановленої на космічних апаратах SPOT (Франція), LANDSAT (США), ERS (Європейське співтовариство) та ін. В цілому це відповідає концептуальному підходу до роботи з матеріалами АДЗ, який викладено вище. Особливо слід відмітити високий ступінь кооперації і взаємної інформованості спеціалістів американських і європейських організацій, чому в значній мірі сприяють багаточисленні семінари, видання журналів і бюллетенів. Це, безумовно, сильна сторона (особливо у науково-організаційному відношенні) науки США і Європи в напрямі, який розглядається.

До слабких сторін досліджень з АДЗ в США можуть бути віднесені:

певна системна незавершеність в ланцюзі обробки і використання інформації АДЗ, оскільки у них відсутній ГІС-блок, який формує за матеріалами АДЗ крайові умови для подальшого прогнозування протікання процесів енергомасообміну в геосистемах і сам блок комп'ютерного моделювання цих процесів з метою прийняття управлінських рішень з оптимального природокористування;

недостатня увага, що приділяється теоретичним і експериментальним дослідженням з визначення впливу основних природних і техногенних факторів (температури, вологості ґрунтів, наявності в них різноманітних токсикантів та ін.) на особливості енергомасообміну в системі «порода — ґрунт — поровий розчин — рослина» і спектральну яскравість земних покривів (ґрунтів, рослин, водоймищ

та ін.), що має досить важливе значення для обґрунтування моделей формування спектральних сигналів як індикаторів різних явищ і процесів (в тому числі екологічно несприятливих), які можуть бути зафіксовані при дистанційних зйомках.

Враховуючи високий інтелектуальний і науково-технічний рівень космічних досліджень в Україні і потужну виробничу та комп'ютерно-програмну базу в США, було б доцільно здійснити спільні проекти, актуальні для обох країн і світової спільноти. Зокрема, доцільно визначити розробку та випробування на типових об'єктах обох країн нової технології комплексного аерокосмічного екологічного моніторингу і пошуків нафтогазових покладів. Для цих цілей можна використати матеріали зйомок, що регулярно надходять з космічних апаратів LANDSAT, NOAA, «Іконас» (США) і «Океан-О», «Січ-1М» (Україна), а також з інших КА.

В Центрі аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України (ЦАКДЗ) накопичено позитивний досвід досліджень у зазначеному напрямі, зокрема, при контролі радіоекологічного стану навколо АЕС (в тому числі в зоні аварії Чорнобильської АЕС). Ці роботи були належним чином оцінені на міжнародному рівні, про що свідчать підписані угоди про спільні роботи з космічними агентствами Німеччини, Франції і США.

Крім того, Україна (ЦАКДЗ, МГІ НАН України) приймає участь спільно з США в міжнародному проекті «Природа», який організує Росія на базі пілотованої орбітальної станції «Мир» і готується взяти участь в АДЗ на борту міжнародної космічної станції.

Розроблені в ЦАКДЗ технології фізичної інтерпретації матеріалів аерокосмічних зйомок в оптичному, інфрачервоному і радіодіапазонах з використанням методів біофізичного тестування, ГІС-технологій та комп'ютерного моделювання енергомасообміну в геосистемах не мають на даний час аналогів і можуть бути використані в спільному з

NASA проекті з оперативної аерокосмічної оцінки ситуацій в районах особливо важливих в екологічному плані об'єктів і прогнозування в їх межах оптимального природокористування, а також створення сучасних аерокосмічних технологій пошуків нафтогазових покладів.

1. Зубко В. П., Іськов П. Я., Подолюх І. Я., Стефанишин Я. І. Огляд стану та тенденцій розвитку дистанційного зондування Землі // Космічна наука і технологія.—1998.—4, № 5/6.—С. 67—87.
2. Asrar G., Dorier I. Science strategy for the Earth observing system. — New-York: ATP Press, 1994.—119 p.
3. Bakker W. Remote Sensing Data, Products and Project // EARSeL Newsletter.—1999.—N 39.—P. 21—32.
4. Campbell I. B. Introduction to Remote Sensing. — London: Pub. Tailor and Frensis, 1996.—622 p.
5. Committee on Earth Observation Satellites: Towards an Integrated Global Observing Strategy (1997 CEOS yearbook).
6. Pohl C., Genderen I. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications // Int. J. Rem. Sens.—1998.—19, N 5.—P. 823—854.
7. Townshend J. The Integreated Global Observation Strategy: a framework for enhancing Earth Observations // Proc. of 25th Ann. Conf. of Rem. Sens. Soc. «Earth Observation: From Data to Information». — Nottingham, 1999.—P. 7—12.
8. The Total Fiscal Year 2000 Budget Request for NASA Earth Science Enterprise. Office of Earth Science Enterprise (Code Y) / Associate Administrator: Dr. Ghassem R. Asrar. — 1999.

STATE OF AND PROSPECTS FOR THE SPACE RESEARCH IN THE FIELD OF EARTH SCIENCE IN THE USA

V. I. Lyalko

An analytical review of the state and tendency for advance of aerospace research of the Earth (ARE) in the USA in the last decade is presented. The USA considers the ARE as one of prime directions in the modern space science evolution of which is provided in the framework of the international and national cooperations that reduces the cost of these investigations substantially at the national level. The ARE systems operating at present and scheduled for the launch are overviewed, as well as the programs, instruments, and the ARE scientific centers. The leading part of the private sector is demonstrated, and potential co-operative investigations of Ukraine and the USA in this direction are discussed.