



ДЕГТЯРЕВ

Олександр Вікторович — академік НАН України, Генеральний директор ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля»

КОСМОС І ОКЕАН: ЩО БЛИЖЧЕ?

У статті наведено основні результати досліджень навколоземного космічного простору, інших планет Сонячної системи, їх супутників та астероїдів. Показано, що на цих небесних тілах містяться значні запаси мінералів. У майбутньому все більше уваги приділятиметься розробленню нових технологій використання близького космосу, контролю астероїдної і метеоритної безпеки навколоземного простору, дослідженню планет Сонячної системи, їх супутників та астероїдів, вивченню структури Всесвіту, далеких зірок та екзопланет. Це потребуватиме дедалі більше сировинних ресурсів, життєво необхідних як для розвитку космічної промисловості, так і для функціонування світового господарства. З огляду на очікуваний у XXI ст. дефіцит розвіданих ресурсів, що видобуваються в надрах Землі, запропоновано спрямувати зусилля на дослідження запасів мінеральних руд на дні Світового океану. Наведено рекомендації щодо активізації робіт у цьому напрямі.

Ключові слова: навколоземний космічний простір, розвідка ресурсів на небесних тілах, запаси мінеральних руд на дні Світового океану.

За минулі півстоліття досягнення в галузі дослідження і використання космічного простору, що спираються на науково-технічні результати, накопичені за всю попередню історію людства, багато в чому затьмарили їх. Піонерські розробки в напрямі створення ракетної техніки, проведені у другій половині XIX ст., а також подальші розробки і дослідження в цій сфері привели до того, що рівень розвитку космічних досліджень став одним з основних показників ступеня розвитку конкретних держав і цивілізованого суспільства загалом.

До основних результатів, отриманих на сьогодні в галузі створення ракетної техніки, слід віднести створення таких систем:

- ракетно-космічних транспортних систем, космічних систем і апаратів різного призначення, що забезпечили можливість непілотованих і пілотованих польотів на Місяць, а також польотів автоматичних зондів для дослідження планет та їх супутників;
- довготривалих пілотованих орбітальних станцій для виконання фундаментальних та науково-прикладних досліджень Землі і навколоземного космічного простору;

- орбітальних телескопів для отримання нових знань у галузі вивчення далекого космосу, Сонця, сонячно-земних зв'язків, планетології і структури Всесвіту;

- високоточних систем космічної навігації (GPS, ГЛОНАСС, Галілео, Бейдоу), що дають змогу з високою точністю визначати координати і кутове положення рухомих керованих об'єктів;

- глобальних систем супутникового зв'язку та систем радіомовлення;

- систем дистанційного зондування Землі, в тому числі для створення навігаторів, карт сільських і лісових масивів, проведення екологічного моніторингу, визначення зон наднадзвичайних ситуацій, техногенних і природних катастроф, дослідження природних ресурсів.

Подальші напрями розвитку космічної галузі. До основних напрямів розвитку космічних досліджень належать [1–3]:

- створення ракетно-космічних комплексів і космічних систем нового покоління;

- дослідження планет Сонячної системи та їхніх супутників;

- створення технологічної бази для розроблення транспортних засобів, призначених для польотів у далекий космос;

- дослідження позасонячних планет (екзопланет) нашої галактики.

Серед виконаних робіт варто відзначити такі:

- запуск у лютому 2015 р. європейської ракети «Вега» (оснащена українським маршовим двигуном четвертого ступеня) з експериментальним космічним кораблем на борту, розробленим з метою відпрацювання технологій, які застосовуватимуться в процесі створення нових космічних апаратів багаторазового використання;

- запуск американсько-європейського космічного апарата «Кассіні» в 1997 р. Після тривалого польоту до планети Сатурн «Кассіні» вже більш як 8 років досліджує її поверхню. За цей час він передав 444 Гбайти інформації, в тому числі 300 тис. зображень. Серед них фотографії самої планети та її місяців з різних

дистанцій, знімки поверхні Титана з європейського спускного апарата «Гюйгенс», який у січні 2005 р. здійснив першу в історії посадку на цьому небесному тілі;

- у 2010 р. японський зонд «Хаябуса» став першим космічним апаратом, що доставив на Землю зразки ґрунту з астероїда;

- у 2014 р. космічний апарат «Розетта» після десятирічної подорожі наблизився до комети 67P Чурюмова–Герасименко і відправив на її поверхню зонд «Філі». Зонд, приземлившись на комету, передав через КА «Розетта» інформацію, отриману науковими приладами. Її розшифрування показало, що комета вкрита шаром пилу завглибшки 10–20 см, під яким лежить лід;

- до Марса запущено понад 40 космічних зондів. Менш ніж половині з них вдалося успішно завершити свої місії. На поверхні Марса проводили дослідницькі роботи американські ровери Curiosity і Opportunity. Основним успіхом Opportunity стало виявлення прісної води на Марсі. Крім того, атмосферу червоної планети досліджують американський зонд Maven та індійський зонд Mangalyaan.

Плани з освоєння Марса. Марс — планета, політ до якої потребує мінімальних енергетичних витрат (якщо не враховувати Венеру) і не виходить за межі можливостей сучасної ракетно-космічної техніки. У зв'язку з цим Марс¹ є одним з перших кандидатів на створення в осяжному майбутньому населеної бази. Серед перших завдань з освоєння Марса слід назвати створення марсіанської бази, наукові дослідження і видобуток цінних корисних копалин.

США мають намір підготувати пілотовану місію на Марс з висадкою космонавтів на його поверхню. Трампліном для польоту на Марс мають стати заплановані польоти на Місяць і астероїди. Наразі у Сполучених Штатах

¹ Марсіанська доба триває ~24 год 39 хв. Марсіанська атмосфера має меншу густину, ніж земна (її густина становить 0,007 від земної). Проте вона дає певний захист від сонячної та космічної радіації, і її можна використати для аеродинамічного гальмування космічних літальних апаратів. Час польоту на Марс по півеліпсу становить 250 діб.

розробляють три проекти з освоєння Марса: Mars One, Inspiration Mars, Hundred-Year Starship (Столітній космічний корабель). Метою останнього є підготовка протягом наступних 100 років пілотованої місії на Марс.

Подальші плани освоєння Місяця. Освоєння Марса без достатнього експериментального відпрацювання необхідних технологій і одержання дослідних даних щодо забезпечення життя експедиції в умовах обмеженого простору і практичної відсутності атмосфери є складною проблемою. Її вирішення можна спростити, якщо набути попередній досвід зі створення й експлуатації населеної місячної бази. Таку базу на поверхні Місяця можна буде використовувати потім як «проміжний пункт» у польотах на Марс.

Американська компанія NexGen LLC за фінансової підтримки NASA розробила проект системи для польоту на Місяць. Показано, що США можуть упродовж наступних 5–7 років висадити людину на Місяць, а через 10–12 років — побудувати на його поверхні місячну базу.

Китай за допомогою вже створених ракетно-транспортних систем успішно вивів пілотовані космічні кораблі на низькі навколосезні орбіти, провів успішні запуски космічних апаратів на навколосезну орбіту, здійснив успішний спуск місяцехода на поверхню Місяця, відпрацював повернення космічного апарата з району Місяця. Зважаючи на це, можна стверджувати, що Китай (у співпраці з Росією) здатний у найближчому майбутньому здійснювати пілотовані польоти на Місяць.

Перспективний план Європейського Союзу з дослідження космосу передбачає проектування і розроблення автоматичних посадкових місячних модулів, марсіанського ровера, а також пілотованої системи для польотів на Місяць з використанням модернізованої ракетиносія «Аріан-5».

В Україні ДП «КБ «Південне» на базі ракетних блоків РКП «Маяк-СЗ.9» виконало проект ракетно-космічної транспортної системи «Земля–Місяць–Земля». Для цієї системи передбачено місячний корабель для екіпажу з 3–4 осіб, посадкову платформу, що забезпечує

сходження з навколосезної орбіти і м'яке примісячення, а також злітний модуль, який уможливує доставку місячної кабіни з поверхні Місяця на навколосезну орбіту. Під час виконання проекту було використано досвід розроблення злітно-посадкового модуля місячного корабля — блока Е² [4], розроблено в 1960–1970-х роках.

На Місяці відкрито значні запаси водяного льоду (~1,6 млрд т)³, який є джерелом прісної води. Крім того, наявність водяного льоду дасть можливість у майбутньому організувати місцеве виробництво кисню, а також водню, який вважається одним з найкращих видів ракетного палива. Усе це значно підвищить автономність місячної бази.

Ґрунт Місяця складається з регіоліту і містить метали платинової групи. До складу місячного регіоліту входить ізотоп гелію-3, запаси якого, за деякими оцінками, можуть сягати 500 тис. т. Лише чверть цих запасів у разі їх використання як палива в ядерних реакторах вистачить, щоб задовольнити енергетичні потреби землян на кілька століть уперед. Сьогодні в NASA вже розробляють проекти із застосування ізотопу гелію-3.

² Блок Е — злітно-посадковий модуль місячного космічного корабля, складається з трьох основних тандемно розташованих частин: кабіни місячного корабля, власне блока Е і місячного посадкового пристрою. Силовий відсік блока Е механічно зв'язує між собою паливні баки та призначений для розміщення систем: зверху — кабіни космонавта, знизу — посадкового пристрою корабля. Блок Е забезпечує гальмування корабля на завершальному етапі процесу посадки на Місяць; зависання і горизонтальне маневрування корабля над поверхнею Місяця під час вибору місця посадки; виведення злітної частини місячного корабля на орбіту Місяця для стикування з місячним орбітальним кораблем. У разі нештатної ситуації на ділянці зниження до Місяця або під час перебування на його поверхні блок Е забезпечує функціонування корабля за аварійними програмами припинення посадки на Місяць і повернення корабля на місячну орбіту. Блок Е успішно пройшов усі етапи наземного і лотного експериментального відпрацювання.

³ Тільки кратер Шеклтон на Південному полюсі Місяця (діаметр — 21 км, глибина — до 3 км) вкритий на 1/5 шаром льоду.

Мінеральні ресурси астероїдів. Є понад 9000 астероїдів, до яких можна дістатися за допомогою сучасних ракетно-космічних транспортних систем. Орбіти 1500 астероїдів перетинаються з орбітою Землі, а отже, дістатися до них так само легко, як і до Місяця.

Астероїди містять залізо, нікель, магній, кобальт, титан, коштовні і рідкісноземельні метали (реній, іридій, платину)⁴. За деякими оцінками, вартість запасів мінералів на астероїдах у розрахунку на одного жителя Землі становить \$100 млрд⁵.

Серед найближчих запланованих проєктів з дослідження астероїдів можна назвати такі, як «Хаябуса-2», Osiris-REx, «Фобос-Грунт 2».

Порівняно невеликий металевий астероїд діаметром 1,5 км може містити золото, кобальт, залізо, марганець, молібден, нікель, осмій, палладій, реній, родій на суму, що перевищує \$15 трлн. Один малий астероїд класу М діаметром 1 км може містити до 2 млрд т залізо-нікелевої руди, що в 2–3 рази перевищує світовий видобуток залізної руди. Відомий металевий астероїд 16 Психея містить $1,7 \cdot 10^{13}$ т залізо-нікелевої руди, що в 100 тис. разів перевищує запаси цієї руди в земній корі. Таку саму руду (із залишками астероїдів, що впали свого часу на нашу планету) ми видобуваємо на Землі.

Дослідження і розвідка корисних копалин на астероїдах потребують спеціального устаткування, здатного працювати в умовах відкритого космосу. Через малу силу тяжіння навіть порівняно невеликий імпульс може виявитися достатнім, щоб обладнання зірвалося з поверхні астероїда.

Забезпечення подальших запусків космічних апаратів. Провідні космічні держави проводять роботи зі створення перспективних

важких ракетно-транспортних систем. Наприклад, у США розроблено ракету-носії Falcon Heavy з можливістю повторного запуску першого ступеня⁶. Ракета-носії здатна виводити на геоперехідну орбіту 26 700 кг, а на орбіту Марса — 16 800 кг. Сьогодні в Китаї розробляють надважку ракету-носії «Чанчжен-9»⁷, яка може вивести на орбіту Землі до 140 т корисного вантажу, на місячну орбіту — до 50 т, на орбіту Марса — до 44 т.

В Україні, як уже було зазначено, виконано проєкт ракети-носія важкого класу на базі ракетних блоків РКП «Маяк-С3.9», яка забезпечує виведення корисного вантажу масою близько 130 т на опорну навколосемну орбіту [2].

У зв'язку з тим, що політ на Місяць і створення місячної бази потребує значних витрат, у березні 2018 р. ДП «КБ «Південне» одним із перших приєдналося до міжнародної некомерційної організації Moon Village Association (MVA), що взяла на себе роль координатора спільних зусиль, спрямованих на сприяння створенню інтернаціональної місячної промислової бази (до MVA входять близько 220 індивідуальних та 26 інституційних членів з 39 країн світу).

Міжнародно-правова база. Створюється міжнародно-правова база використання космічного простору. Ще в 1967 р. набув чинності Договір про космос (Outer Space Treaty). У ньому закріплено два основних принципи: «...Дослідження і використання космічного простору має здійснюватися на благо та в інтересах усіх країн і бути надбанням усього людства...»; «...Космічний простір не підлягає національному привласненню ні шляхом проголошення суверенітету, ні шляхом використання або окупації, ні будь-якими іншими засобами...». Натомість у США в 2015 р. прийнято Закон про дослідження і використання космічних ресурсів, за яким «...будь-які ресурси, добуті в космосі, є власністю особи, що добула ці ресурси, а отже, підлягають праву на власність відповідно до прийнятих положень федерального законодавства...». Представники

⁴ https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленное_освоение_астероидов
http://www.astrotime.ru/colonisation_asteroid.html;
<https://zlotoddb.ru/article/10880>

⁵ За даними бази даних Asterank, видобуток ресурсів є найвигіднішим з економічної точки зору на таких астероїдах: Югу, 1989M1, (4600) Нерей, (65801) Дідим, 2011 UW158, (1943) Ангерос, 2001SG10, 1992TC, 2001CC21, 2002DO3.

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Falcon_Heavy

⁷ <https://regnum.ru/news/2588017.html>

інших країн вважають, що цей закон порушує раніше прийнятий Договір про космос і розхитує один із фундаментальних принципів космічного права — принцип непривласнення космічного простору.

Питання дослідження далекого космосу.

Дослідження далекого космосу пов'язане з вирішенням низки складних науково-дослідних і науково-технічних проблем: створення потужних телескопів нового покоління, розроблення ядерних двигунних установок для космічних кораблів, створення систем забезпечення енергією космічних кораблів і експедицій під час перебування на планетах; розроблення систем зі штучним інтелектом і в подальшому — електронних «копій» людського розуму для створення роботів.

Значення телескопів у космічних дослідженнях важко переоцінити. На сьогодні для вивчення Всесвіту на навколоземні орбіти виведено 98 телескопів. Дослідження в широкому діапазоні частот випромінювання сприяють формуванню нових уявлень про будову і закони розвитку Всесвіту. Наприклад, з використанням телескопа Hubble було одержано нові знання про будову галактик. Дослідження, проведені NASA на телескопі Kepler, виявили в нашій галактиці 54 екзопланети, що перебувають у так званій сфері життя, тобто комфортно розташовані відносно своїх зірок, як наші планети щодо Сонця.

Роздільна здатність наявних телескопів недостатня для визначення можливого існування життя на позасонячних планетах. У зв'язку з цим триває розроблення надпотужних телескопів нового покоління. У Чилі буде побудовано гігантський Магелланів телескоп GMT, а також телескоп E-ELT з діаметром дзеркала ~40 м. Дослідження, які плануються на цих телескопах, дадуть можливість достовірно встановити, які з екзопланет придатні для життя, і відповісти на питання про утворення перших галактик у Всесвіті.

Польоти в далекий космос потребують створення двигунів нового типу. Нині ведуться роботи зі створення ядерно-електричних двигунних установок (ЯЕДУ), питома тяга яких по-

рівняно з хімічними двигунами має зрости в 20 разів. Стартова маса марсіанського експедиційного комплексу за умови використання ЯЕДУ буде в 4 рази меншою, ніж комплексу на базі хімічних двигунів. У подальшому може бути створено Міжнародну програму розроблення ЯЕДУ (на зразок Міжнародної програми співробітництва у сфері створення керованого термоядерного синтезу). У США проводяться теоретичні дослідження й експерименти зі створення термоядерних ракетних двигунів, тягу в яких забезпечують продукти керованої термоядерної енергії або робоче тіло, нагріте внаслідок термоядерної реакції. Згідно з розрахунками і даними комп'ютерного моделювання, для польоту до Марса з використанням такого двигуна знадобиться від 30 до 90 днів.

Пілотовані польоти на інші планети, перебування на них і повернення на Землю потребують забезпечення кораблів і населених баз енергією. Під час таких польотів і руху вбік від Сонця ефективність сонячних батарей знижується. Наприклад, під час польоту на Марс з використанням сонячної енергії знадобилися б сонячні батареї площею в кілька футбольних полів. Крім того, політ на Марс слід здійснювати в найбільш вигідні часові періоди, щоб мати можливість повернутися зі швидкістю 7,8 км/с (а не 12–25 км/с, якщо нехтувати цими періодами). За реалізації такого підходу експедиція після посадки корабля має перебувати на поверхні Марса щонайменше 2–3 тижні, і на весь цей період її потрібно забезпечити відповідним обсягом тепла та енергії. Сучасні космічні кораблі (у тому числі Міжнародна космічна станція) мають рівень енергетичного забезпечення 20–30 кВт. Для здійснення марсіанської місії необхідні термогенератори на ядерному паливі. Перші такі генератори вже створено, їх використовують під час тривалих польотів космічних апаратів. Так, на апараті «Кассіні» встановлено 3 генератори, що містили на момент старту 33 кг плутонію. Це забезпечило йому можливість безперебійної багаторічної роботи.

Перші міжпланетні перельоти здійснюватимуться з використанням автоматичних

космічних апаратів, оснащених більш досконалими роботами з елементами штучного інтелекту. Вони будуть здатні змінювати свою поведінку відповідно до норм, наближених до норм людської поведінки. Наступним кроком у розвитку буде симуляція людського мозку — імітація мозку людини за допомогою комп'ютерних систем. У Швейцарії стартував амбітний проєкт у галузі нейробіології зі створення повноцінної діючої електронної моделі людського мозку (Human Brain Project). Його бюджет становить ~2 млн євро, термін реалізації — 10 років. Вчені мають намір відтворити мозок людини з використанням комп'ютерних систем, починаючи з найдрібніших деталей.

За прогнозами вчених, наприкінці ХХІ — на початку ХХІІ ст. з використанням нової технологічної бази буде створено багаторазові ракетно-космічні та космічні кораблі, здатні здійснювати міжпланетні польоти до екзопланет. Після вибору екзопланети з придатними для життя умовами буде розпочато польоти космічних кораблів з метою доставки на планету конструкцій і обладнання для створення першої населеної бази.

Об'єднання зусиль держав — шлях до успіху. Дослідження і використання космічного простору є для світової спільноти однією з небагатьох ідей, що консолідує суспільство. Проте її втілення в життя потребує чималих витрат, а тому реалізація можлива лише у великих міжнародних проєктах. Таких, наприклад, як колишня американсько-радянська програма «Союз»–«Аполлон», створення та експлуатація Міжнародної космічної станції, створення ракет-носіїв у міжнародній кооперації, обмін новітніми результатами в галузі дослідження близького і далекого космосу. Однак у міру поглиблення досліджень, у зв'язку з потребою концентрації технологій і ресурсів для розв'язання зазначених мегапроблем, об'єднання зусиль держав у подальшому освоєнні космосу стане нагальним завданням. І чим раніше до світової спільноти прийде усвідомлення необхідності його вирішення, тим «коротшим» буде шлях землян до польотів на екзопланети.

В Україні створення нових і модернізація наявних зразків ракетно-космічної техніки в міжнародній кооперації — один з основних напрямів діяльності. Прикладами можуть слугувати відомі міжнародні проєкти ракетно-космічних комплексів «Морський старт», «Наземний старт», «Алкантара-Циклон-4», створення американсько-української ракети-носія «Антарес», маршового двигуна верхнього ступеня для європейської ракети-носія «Вега» та ін. На порядку денному — продовження робіт з модернізації РН «Антарес», створення потужних ракетних двигунів для зацікавлених іноземних компаній, модернізація наявного та створення нового посадково-злітного місячного двигунного блока, створення інших систем транспортної інфраструктури.

Сьогодні підприємства ракетно-космічної галузі України співпрацюють з 208 компаніями та організаціями різних регіонів світу. Їхніми партнерами є 44 компанії з американського регіону, 56 — з європейського, 34 — з азійсько-тихоокеанського, а також 74 компанії з країн Близького Сходу, СНД і Африки.

Ресурси Світового океану. У найближчі десятиліття потенціал космічної галузі все більше концентруватиметься на вдосконаленні наявних і розробленні нових технологій використання близького космосу, вивченні далеких зірок і пошуку позаземних цивілізацій, що потребуватиме дедалі більше сировинних ресурсів, життєво необхідних як для космічної промисловості, так і для розвитку світового господарства загалом. Сьогодні людство настільки інтенсивно використовує ресурси Землі, що рано чи пізно це призведе до їх виснаження. Тому вже в недалекому майбутньому ми маємо скористатися стратегічним резервом нашої планети — Світовим океаном, який містить значні запаси біологічних і мінеральних ресурсів⁸ [5–9].

Біологічні ресурси. До них належать риби, устриці, мідії та інші молюски, ракоподібні (краби, омари, креветки та ін.), морські ссавці (кити, моржі, тюлені), деякі водорості (ламі-

⁸ <http://rareearth.ru/ru/pub/20180115/03656.html>

нарія, гелідіум). Понад 80% біомаси, яку використовує людина, становлять риби. Завдяки рибі, молюскам, ракоподібним, виловленим у Світовому океані, людство на 20% забезпечує себе харчовими білками.

Значного поширення набула аквакультура — вирощування риб і молюсків, що є простим і надійним способом виробництва харчового білка, дешевшого і кориснішого за м'ясний. У Китаї рибу вирощують у прибережних зонах на велетенських плавучих фермах — розгалужених сітчастих полотнах, з'єднаних на поверхні води дерев'яними містками і платформами. Площі плавучих ферм можуть сягати кількох квадратних кілометрів. Протягом 15 років рибне господарство Китаю завдяки аквакультурі залишається світовим лідером, причому Китай є єдиною країною в десятці провідних риболовецьких держав, у якій частка аквакультури в річному обсязі добутих рибних ресурсів перевищує частку промислового лову. Сьогодні аквакультура дає Китаю 26–27 млн т риби і молюсків на рік. Деяко нижчі показники має Індія. Розведенням деяких видів організмів на штучно створених морських плантаціях займаються в Японії (перлинні устриці), США (устриці, мідії), Франції (устриці).

Розвиток аквакультури у прибережних протязних азотно-чорноморських зонах сприяв би виробництву доступного харчового білка в Україні.

Мінеральні ресурси. Особливо важливими мінеральними ресурсами океану є нафта, газ, поліметалеві конкреції, поліметалеві сульфідні і кобальтові кірки⁹.

Світовий океан, займаючи 71% поверхні нашої планети, є величезним сховищем мінеральної сировини, яка міститься переважно на шельфі, материкових схилах і глибоководному ложі океану.

⁹ У 2011 р. японські вчені повідомили про відкриття ще одного виду корисних копалин, збагаченого рідкісноземельними елементами ітрієвої групи (REY), — глибоководних мулів, які дуже поширені на дні Тихого океану. За попередніми оцінками, запаси REY, що можуть залягати лише на 1 км² океанічного дна, становлять 20% річної світової потреби.

Поліметалеві конкреції утворюють плоскі горизонтальні поля, розташовані на глибині від 4000 до 6000 м. Прикладом таких полів можуть бути горизонтальні поля в Центральній улоговині Тихого океану. Поліметалеві сульфідні і кобальтові кірки являють собою тривимірні поклади поліметалевих конкрецій, що залягають на поверхні океанічного дна.

Загальні запаси конкрецій у Світовому океані, за різними оцінками, становлять від 2–3 до 20 трлн т. Головне скупчення конкрецій розташоване в Тихому океані, де вони займають площу 10 млн км².

Дослідження і розвідка вулканічних гідротермальних джерел у районах донних пагорбів і труб Тихого океану привела до двох відкриттів: у районі цих джерел є багате й різноманітне життя, а донні пагорби і труби складаються з поліметалевих сульфідних руд, що містять значну кількість міді, срібла і золота.

Проведені дослідження сприяли відкриттю сотень рудних скупчень. Розвинені країни — США, Китай, Японія, Південна Корея, Канада, Росія та ін. — надають підтримку своїм організаціям в освоєнні мінералів в Атлантичному, Індійському і Тихому океанах. Комерційні компанії розпочали дослідження навколо територій острівних держав Тихого океану: Фіджі, Нової Зеландії, Соломонових островів, Папуа – Нової Гвінеї та ін.

У 2017 р. відбулася неординарна подія — японські фахівці вперше провели видобувну операцію в районі Окінави. Було успішно піднято на поверхню з глибини 1500 м промислово кількість сульфатної руди. В операції брали участь три судна: з одного спускався робот, на друге надходила руда, третє відкачувало воду.

Для регулювання діяльності держав у сфері дослідження і видобутку мінеральних ресурсів було створено міжнародно-правову базу та відповідні правила оформлення планів (контрактів).

Міжнародно-правова база освоєння ресурсів Світового океану. Вивчення та освоєння мінеральних ресурсів Світового океану відбувається в рамках Конвенції ООН з мор-

ського права. Відповідно до цієї конвенції, Міжнародний район морського дна і його ресурси є спільною спадщиною людства, а регулювання діяльності держав у цьому районі здійснює Міжнародний орган з морського дна (МОМД) — міжнародна організація, створена відповідно до Конвенції ООН з морського права та Угоди «Про здійснення частини XI Конвенції ООН з морського права» від 1994 р.

У 2000 р. МОМД розробив правила дослідження і розвідки поліметалевих конкрецій, у 2010 р. — правила пошуку і розвідки поліметалевих сульфідів. Згідно з цими правилами, пошук і розвідка здійснюються на основі затвердженого МОМД плану робіт (контракту). Контракт, зокрема, передбачає захист і збереження морського середовища в зоні пошуку, звітування розвідувача про перебіг і результати пошуку після закінчення кожного календарного року, конфіденційність річного звіту. Розвідувач повинен надати інформацію про фінансові можливості для реалізації заявленого плану робіт; наявність у заявника досвіду, знань, навичок, технічної кваліфікації і спеціальної підготовки для проведення робіт; обладнання та методи, які планує використати, а також про наявні у заявника фінансові і технічні можливості для реагування на будь-які інциденти або дії, що завдають серйозної шкоди морському середовищу.

Обсяги поточних робіт з пошуку глибоководних мінеральних ресурсів можна уявити, знаючи кількість контрактів МОМД. Так, МОМД виділив ділянки Китаю (Китайське об'єднання з дослідження і освоєння мінеральних ресурсів), Росії («Южморгеология»), Японії (Deep Ocean Resources Development Company), Франції (Французький дослідницький інститут з експлуатації ресурсів моря), уряду Індії, Німеччині (Федеральний інститут геологічних наук та природних ресурсів Німеччини), консорціуму «Інтерокеанметал» (Польща, Болгарія, Куба, Словаччина, Чеська Республіка, уряди Південної Кореї і Росії). Виділені ділянки, крім однієї, розташовані в Тихому океані, в зонах розломів Кларіон–Кліппертон на південь і південний схід від Гавайських остро-

вів. Ділянка Індії розташована в центрі Індійського океану.

На 2013 р. МОМД підписав 17 контрактів і майже стільки ж перебуває на розгляді.

Сукупна вартість отриманих ділянок з поліметалевою рудою становить, зокрема, для США \$518,2 млрд, для Японії — \$280,8 млрд, для Росії — \$191,4 млрд, для Китаю — \$184,3 млрд, для Індії — \$151,5 млрд. Консорціум «Інтерокеанметал» отримав у концесію ділянку з прогнозними запасами руди в 1 млрд т.

Перелічені країни наразі модернізують наявний і будують новий науково-дослідний флот, оснащений глибоководними апаратами. Наприклад, Китай побудував нове судно, на якому встановлено два телекерованих апарати, здатні опускатися на глибину 7500 м. Було також сконструйовано нового підводного робота, який може занурюватися на глибину 7000 м. Південна Корея побудувала нове судно, що є носієм двох роботів, здатних опускатися на глибину 6000 м. Німеччина спустила на воду нове дослідницьке судно «Sonne», яке є носієм глибоководних апаратів. США і Японія мають населені апарати з глибиною занурення до 6000 м. У Франції та Німеччині з'явилися глибоководні апарати, які можуть занурюватися з пілотами на глибину 6000 м і більше.

Слід відзначити активність Китаю в підписанні контракту з МОМД на отримання виключного права пошуку сульфідів на ділянці площею ~9990 км², розташованій в Індійському океані в зоні великих вулканічних розривів на глибині 4000 м.

Канадська компанія Nautilus Minerals отримала в оренду на 20 років багате родовище мінералів у морі Бісмарка (південно-західна частина Тихого океану). Оцінки показали, що в цьому родовищі міститься 10 т золота і 125 тис. т міді.

Китайська компанія Tongling, яка є провідним імпортером мідних концентратів і одним з найбільших у світі виробників міді, підписала угоду на поставку компанією Nautilus Minerals 1 млн т тихоокеанських сульфідів на рік.

Участь України. Українські підприємства брали участь у розробленні нових технологій

з дослідження і глибоководної розвідки корисних копалин з 1990-х років у рамках Національної програми досліджень і використання ресурсів Азово-Чорноморського басейну, інших районів Світового океану на період до 2000 року.

На балансі НАН України перебували науково-дослідні судна «Академік Вернадський», «Михайло Ломоносов», «Професор Водяницький», «Професор Колесников», «Іхтіандр» та ін. Кожне судно щороку виконувало 2–3 рейси в різні регіони Світового океану.

Під час розроблення морського гірничодобувного комплексу створення роботизованих систем керування підводними агрегатами було доручено ДП «КБ «Південне» і ВО «Південний машинобудівний завод». Розроблялася також Концепція Державної цільової програми освоєння мінеральних ресурсів Азово-Чорноморського басейну та інших регіонів Світового океану на період 2020–2030 років. Планувалося приєднання України до консорціуму «Інтерокеанметал», діяльність якого пов'язана з дослідженнями і розвідкою конкрецій у південно-східній частині Тихого океану. У 2011 р. Верховна Рада України затвердила Загальнодержавну програму розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року¹⁰. У 2011–2018 рр. для її реалізації було заплановано бюджетні кошти в обсязі 10452,8 млн грн. Фактичні ж видатки становили 1785,4 млн грн (тобто 17%). На технічне переоснащення геологічної галузі в 2011–2018 рр. було виділено фінансування лише в 2012 р. (0,9 млн грн, або 0,1% від запланованого)¹¹. Всі науково-дослідні судна НАН України було передано в довгострокову оренду комерційним структурам, що фактично призвело до їх втрати.

¹⁰ Закон України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» № 3268-VI від 21.04.2011.

¹¹ Звіт Рахункової палати від 09.04.2019 р. про результати аудиту ефективності використання коштів державного бюджету, спрямованих на розвиток мінерально-сировинної бази. https://gr.gov.ua/upload-files/Activity/Collegium/2019/8-3_2019/Zvit_8-3-2019.pdf

Програма також передбачала пошук конкрецій у Світовому океані і відпрацювання техніки й технології їх видобутку та переробки. Щоправда, за рахунок не бюджетних коштів, а недержавних інвестицій.

Однак у зв'язку з перманентною економічною кризою в Україні і збройною агресією Росії проти нашої країни це завдання випало з числа пріоритетних.

Правила промислової розробки глибоководних ресурсів у Міжнародному районі морського дна буде розроблено і затверджено в 2021 р., після чого заплановано погодження відповідних контрактів. До цього часу кількість контрактів МОМД зростає, тому на момент видачі нових контрактів почнеться боротьба за право їх одержання. Якщо Україна не докладе активних зусиль з придбання суден і необхідного глибоководного обладнання для підводного видобутку мінеральних ресурсів і не приєднається до «Інтерокеанметалу», в подальшому вона може втратити шанс на отримання доступу до цих підводних ресурсів.

Отже, підсумуємо наведену вище інформацію:

- одним із засобів збільшення біологічної маси може бути розвиток аквакультури – вирощування риб і молюсків на плантаціях у прибережних протяжних азово-чорноморських зонах, що дало б змогу Україні забезпечити виробництво доступних харчових білків;
- космічні об'єкти – сонячні планети, їх супутники, астероїди – містять залізо, нікель, магній, кобальт, титан, коштовні і рідкісноземельні елементи;
- видобуток мінералів у космосі може розпочатися з переробки мінеральних руд безпосередньо на небесних тілах з подальшим використанням мінералів для створення нових космічних об'єктів і обладнання; частину коштовних і рідкісноземельних металів можна відправляти на Землю;
- для проведення подальших космічних досліджень держави розробляють важкі ракети-носії; у США розроблено важку ракету-носію Falcon Heavy з можливістю повторного запуску першого ступеня; в Китаї розробля-

ють надважку ракету-носій «Чанчжен-9»; в Україні (ДП «КБ «Південне») виконано проєкт ракетно-транспортної системи «Земля–Місяць–Земля» на базі ракетних блоків РКП «Маяк-СЗ.9», система забезпечує виведення на опорну навколоземну орбіту корисного вантажу масою до 130 т;

- у найближчі десятиліття все більше уваги приділятиметься вдосконаленню і розвитку технологій використання близького космосу, вивченню далеких зірок і пошуку позаземних цивілізацій, що потребуватиме дедалі більше сировинних ресурсів, життєво необхідних як для космічної промисловості, так і для розвитку світового господарства; широке використання ресурсів Землі рано чи пізно призведе до виснаження їх розвіданих запасів;

- з огляду на очікуваний у недалекому майбутньому дефіцит сировини, доцільно звернути увагу на ресурси Світового океану, який містить значні запаси біологічних і мінеральних ресурсів; особливо важливими мінеральними ресурсами океану є нафта, газ, поліметалеві конкреції, поліметалеві сульфідні і кобальтові кірки;

- нині США, Китай, Японія, Південна Корея, Канада, Росія та інші країни здійснюють інтенсивні дослідження і розвідку мінеральних ресурсів в океані; одночасно вони модернізують наявний і будують новий науково-дослідний флот, оснащуючи його глибоководними апаратами і роботами; лідером у дослідженні дна Світового океану є канадська компанія Nautilus Minerals;

- тоді як інші держави стоять на порозі нової епохи промислового видобутку океанічних ресурсів, Україна практично повністю втратила свої науково-дослідні судна і відповідний науковий потенціал;

- НАН України спільно із зацікавленими підприємствами геологічної галузі доцільно розробити й узгодити Стратегію розвитку досліджень і видобутку мінеральних ресурсів у Світовому океані на період 2020–2040 рр.; слід передбачити виділення необхідних бюджетних коштів для реалізації Стратегії;

- НАН України доцільно на умовах оренди отримати, наприклад у Китаї, глибоководне обладнання для дослідження і видобутку мінералів на дні Світового океану, підготувавши проєкт попередньо узгодженого комерційного контракту;

- потрібно розглянути і затвердити Стратегію, а також схвалити проєкт контракту з Китаєм на оренду глибоководного обладнання на засіданні РНБО України за участю НАН України і зацікавлених підприємств геологічної галузі;

- з урахуванням прийнятого рішення Кабінет Міністрів України має виділити бюджетні кошти на придбання трьох суден: одного — для досліджень і видобутку мінералів з дна Світового океану та двох допоміжних (доопрацьовані риболовецькі судна); також Уряду варто відновити переговори про входження України до консорціуму «Інтерокеанметал».

Висновки. Отже, найближчими до цілей світової цивілізації завданнями космічної галузі є розроблення нових технологій використання близького космосу, контроль астероїдної і метеоритної безпеки навколоземного простору, дослідження планет Сонячної системи, їх супутників і астероїдів, вивчення структури Всесвіту, далеких зірок і екзопланет.

Успішному вирішенню цих завдань сприятиме об'єднання зусиль провідних космічних держав. Сьогодні ця ідея реалізується у великих міжнародних проєктах. З поглибленням досліджень вона ставатиме все більш нагальною через необхідність концентрації технологій і ресурсів.

У ХХІ ст. особлива увага приділятиметься вивченню далеких зірок і пошуку позаземних цивілізацій, що потребуватиме значних сировинних ресурсів. З огляду на виснаження ресурсів Землі, необхідно сконцентрувати зусилля на освоєнні потенціалу Світового океану, в якому містяться значні запаси біологічних і мінеральних ресурсів. Їх видобуток з океанічного дна у найближчому майбутньому буде так само важливий і актуальний, як і космічні дослідження.

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Degtyarev A.V. *Rocket technology. Problems and prospects*. Dnepropetrovsk: Art Press, 2014. (in Russian).
[Дегтярев А.В. Возможный вклад КБ «Южное» в глобальные космические исследования. В кн.: Дегтярев А.В. *Ракетная техника. Проблемы и перспективы*. Днепропетровск: Арт-Пресс, 2014. С. 323–335.]
2. Degtyarev A.V., Kushnarev A.P., Mashchenko A.N. et al. *Rocket technology. Added functionality*. Dnipro: Art Press, 2019. (in Russian).
[Дегтярев А.В., Кушнарев А.П., Машченко А.Н. и др. *Ракетная техника. Новые возможности* (под общ. ред. А.В. Дегтярева). Днепр: Арт-Пресс, 2019.]
3. Degtyarev A.V. The topical questions of rocket and space activity in Ukraine. *Kosm. Nauka Tehmol.* 2013 **19**(2): 43–52. DOI: <https://doi.org/10.15407/knit2013.02.043>
[Дегтярев А.В. Актуальные вопросы развития ракетно-космической техники в Украине. *Космическая наука и технология*. 2013. Т. 19, № 2. С. 3–52.]
4. Kushnarev A.P., Litvin N.G. *Analysis of the possibility of restoring block E and its adaptation for the commercial transportation of goods from the Moon's surface*. Technical report. Dnepropetrovsk: Yuzhnoye State Design Office, 2010. (in Russian).
[Кушнарев А.П., Литвин Н.Г. *Анализ возможности восстановления блока E и его адаптации для коммерческой транспортировки грузов из поверхности луны*. Технический отчет. Днепропетровск: ГП «КБ «Южное», 2010.]
5. Ziborov A.P. Prospects and objectives for the development of offshore mineral deposits. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*. 2008. (3): 5–18. (in Russian).
[Зиборов А.П. Перспективы и задачи освоения морских месторождений минерального сырья (к решению СНБОУ от 16.05.2008 г., введенному в действие указом Президента Украины от 20.05.2008 г. № 403/2008). *Геология и полезные ископаемые мирового океана*. 2008. № 3. С. 5–18.]
6. Shchypstov O.A. Some aspects of the state target scientific and technical program for the recovery of marine research and research infrastructure drafting. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*. 2019. **15**(2): 98–104. DOI: <https://doi.org/10.15407/gpimo2019.02.099>
Щипцов О.А. Деякі аспекти формування концепції Державної цільової науково-технічної програми відновлення морських досліджень та науково-дослідницької інфраструктури. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2019. Т. 15, № 2. С. 98–104.]
7. Glumov A.I. International legal regime for exploration and development of mineral resources of the International Seabed. *Eurasian Law Journal*. 2010. (8): 43–50. (in Russian).
[Глумов А.И. Международно-правовой режим разведки и разработки минеральных ресурсов Международного морского дна. *Евразийский юридический журнал*. 2010. № 8(27). С. 43–50.]
8. Kulikov P., Sukach M. On the readiness of Ukraine for the development of minerals of the oceans. *Underwater Technologies*. 2015. (2): 3–10. (in Russian).
[Куликов П., Сукач М. О готовности Украины к освоению полезных ископаемых Мирового океана. *Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія*. 2015. № 2. С. 3–10.]
9. Shnyukov E.F., Starostenko V.I., Kolobov V.P. Marine geological and geophysical research in Ukraine: reality and prospects. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*. 2006. (2): 18–29. (in Russian).
[Шнюков Е.Ф., Старостенко В.И., Колобов В.П. Морские геолого-геофизические исследования в Украине: реальность и перспективы. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2006. № 2. С. 18–29.]

A.V. Degtyarev

Yuzhnoye State Design Office (Dnipro)

SPACE AND OCEAN: WHICH IS NEARER?

The article presents the main results of researching the circumterrestrial space, other planets of the Solar system, their satellites, and asteroids. It is shown that these celestial bodies contain significant mineral resources. In the future, more attention will be paid to development of new technologies for using the near space, control of the circumterrestrial space, defense from asteroids and meteorites, exploration of planets of the Solar system, their satellites and asteroids, study of the structure of the Universe, distant stars and exoplanets. It will require more raw materials needed both for the space industry development and world economy functioning. Considering the expected in the XXI century shortage of the prospected resources mined in the Earth's interior, it is proposed to aim efforts at exploring mineral ore resources on the ocean floor. Recommendations for promoting activities in this field are given.

Keywords: circumterrestrial space, exploration of resources on celestial bodies, reserves of mineral ores on the ocean floor.