

ПРІОРИТЕТИ АНТАРКТИЧНОЇ НАУКИ

В.А. Литвинов, А.П. Федчук

*Національний антарктичний науковий центр МОН України,
б-р Тараса Шевченка, 16, Київ, 01601, e-mail: uac@uac.gov.ua*

1. Вступ

На сьогоднішній день світова наукова спільнота одностайна відносно того, що практично жодна наукова проблема глобального значення не може бути вирішена без розуміння явищ та процесів на такій великій території, як Антарктика. Кліматичні зміни і пов'язані з цим ризики, зокрема, збільшення кількості природних катаклізмів, що важко піддаються прогнозуванню, – це ті проблеми, які можуть бути вирішені шляхом проведення комплексних наукових досліджень в Антарктиці, оскільки вона, подібно до течії Гольфстрім у Північній півкулі, є важливим кліматоформуючим фактором для всієї Землі. В Антарктиці комплексно вивчаються всі природні сфери – від земної кори, підльодовикових озер (законсервованих прадавніх екосистем) до магнітосфери, що врешті дозволить отримати цілісне розуміння планетарних закономірностей. На антарктичних станціях випробовуються технології, які в майбутньому будуть використані для освоєння й заселення Місяця та Марса.

У квітні 2014 Науковий комітет з антарктичних досліджень (СКАР) зібрав 75 провідних вчених і керівників антарктичних програм з 22 країн, аби шляхом дискусій і відкритого голосування вперше сформулювати колективне бачення пріоритетів антарктичних досліджень на найближчі два десятиліття й подальшу перспективу. Згадана група СКАР з вивчення наукових горизонтів Антарктики і Південного океану звучила довгий перелік першочергових питань до 80 найбільш значимих (Кеннікутт, 2014).

У статті підсумовуються порушені міжнародною спільнотою всеосяжні наукові теми і першочергові кроки, необхідні для вирішення поставлених завдань. Стабільне фінансування, надійний та безпечний доступ до всієї території регіону, а також належна охорона його природних цінностей стануть запорукою широкого міжнародного співробітництва в Антарктиці у XXI столітті.

2. Методи визначення пріоритетів

Наукова група СКАР з вивчення дослідницьких горизонтів Антарктики і Південного океану ініціювала відкритий і прозорий процес подання кандидатур для участі в цьому проекті від усіх зацікавлених організацій та окремих вчених. У результаті СКАР відібрав 789 кандидатур спеціалістів, визнаних як експерти в кожній з п'яти категорій: наук про Землю, про життя, фізичних, суспільних (гуманітарних) наук – і в категорії політичних діячів (компетентних чиновників). Потім із заявлених кандидатур, з урахуванням збалансованого представлення наукових дисциплін, географічного охоплення, гендерної рівності, досвіду та наукових здобутків (з обов'язковим включенням компетентних чиновників, керівників національних антарктичних програм, провідних та молодих науковців) було відібрано 75 учасників з 22 країн.

Паралельно відбувався відкритий процес формування первинної бази наукових питань, які б відповідали кільком критеріям відбору: чітке формулювання у вигляді конкретної наукової проблеми, вирішення якої не повинно залежати від будь-яких оціночних (суб'єктивних) суджень вченого чи групи вчених; чіткий просторовий і часовий вимір, який би заповнював суттєві прогалини в науковому знанні; чіткий предмет дослідження; передбачення вимірною результату.

Питання повинні були стосуватись Південної полярної області Землі й мати важливе значення для вирішення глобальних проблем у найближчі два десятиліття й на відділену перспективу.

Загалом було сформульовано 955 наукових питань, які учасниками проекту шляхом очного обговорення та поетапного голосування, що відбулося 20-23 квітня 2014 року у м. Квінстоні (Нова Зеландія), було зведено до 80 найактуальніших. Питання, відібрані за результатами голосування, методом кластерного аналізу розподілили по шести загальних тематичних розділах: глобальна взаємодія атмосфери Антарктики і Південного океану; скорочення крижаного покриву; відтворення геологічної історії; розвиток життя в Антарктиці; взаємодія з космосом, а також діяльність людини та її вплив на природне середовище.

Процес подання та затвердження кандидатур, методи генерування та попереднього відбору первинних запитань, результати їх ранжування, остаточний відбір та групування за пріоритетними науковими темами наведено на тематичній веб-сторінці СКАР (<http://www.scar.org/horizonsscanning/>).

3. Шість наукових пріоритетів

На думку керівництва СКАР, реалізація вибраних пріоритетних наукових тем, розподілених по шести розділах, що детальніше висвітлені нижче, дозволить повною мірою розкрити потенціал антарктичної науки. Зокрема, суттєво поглибити знання щодо природи Антарктики (її атмосфери, навколишнього океану, крижаного покриву та земної поверхні, еволюційних процесів біорізноманіття та сучасних екосистемних зв'язків); щодо взаємодії полярних регіонів із глобальними процесами, поточними та минулими змінами в навколишньому середовищі; щодо походження життя і навіть Всесвіту загалом. Крім того, міжнародна антарктична спільнота поглибить розуміння того, як присутність людини в регіоні змінюється і диверсифікується та які це матиме наслідки для міжнародно-правового режиму Антарктики.

1. Глобальна взаємодія атмосфери Антарктики і Південного океану. Зміни в атмосфері Південної полярної області призводять до змін у розподілі енергетичних ресурсів планети, хімічного складу повітря та широкомасштабної циркуляції атмосфери від полюсів до екватора. Питання: яким чином взаємодія між атмосферою, океаном і морською кригою впливає на швидкість зміни клімату; яким чином динамічні процеси розвитку озонової діри і зростання концентрації парникових газів впливають на регіональну та глобальну атмосферну циркуляцію і клімат загалом? – досі залишаються маловивченими.

Реагування циркуляції вод Південного океану на мінливість та зміни клімату наразі до кінця не зрозумілі. Разом з тим зміни в циркуляції вод Південного океану можуть мати зворотний ефект, тобто прискорювати або уповільнювати темпи зміни клімату, проте ймовірність і роль цього зворотного ефекту значною мірою невідомі. З іншого боку, Південний океан відіграє важливу роль у природі Землі, формуючи глобальну систему течій, які переносять тепло та вуглекислий газ з атмосфери в океанічні глибини. Поживні речовини, що переносяться на північ, підтримують кормову базу харчових ланцюгів Світового океану. Океан все більше окислюється, оскільки CO₂ розчиняється в морській воді, а холодні південні води першими реагують на це. Ключові питання в цій області: як зміна клімату впливає на здатність океану поглинати тепло і CO₂ та підтримувати продуктивність океану; чи призведуть зміни в Південному океані до відповідної реакції – прискорення або сповільнення темпів зміни клімату?

Оскільки морський лід відбиває і фільтрує сонячне світло, він модулює тепло- й газообмін між океаном та атмосферою. Формування морського льоду та його танення впливають на вміст солі в поверхневих водах, що впливає на їхню щільність і температуру замерзання. Таким чином фактори, що визначають сезонність, розподіл та обсяг морського льоду Антарктики, потребують першочергового вивчення, адже його танення внаслідок регіонального потепління матиме глобальні наслідки.

Разом з тим розуміння процесів, що впливають на масу, властивості та розподіл антарктичного морського льоду і його взаємодію з атмосферою і океаном, недостатнє для

побудови обґрунтованих прогнозів. У першу чергу бракує знань про те, як циркуляція вод у Південному океані та морський лід змінювалися в минулому – в часових масштабах від десятиріч до льодовикових періодів. Надходження великих обсягів прісної води через танення льодовиків та айсбергів може мати масштабні наслідки для атмосфери, океану, кріосфери та пов'язаних з нею екосистем, тому вплив океанічних і атмосферних процесів на шельфові льодовики потребує подальших досліджень.

2. Зменшення маси льодовикового покриву Антарктики. Льодовиковий щит Антарктики містить близько 26 500 тисяч кубічних кілометрів криги, яка в разі свого повного танення призведе до підвищення рівня Світового океану на 60 метрів. Будучи стабільним протягом кількох тисяч років, антарктичний льодовиковий покрив зараз втрачає свою масу прискореними темпами. Цінні зразки, отримані з льодовикової товщі, дозволять визначити фактори, що впливають на перебіг цього процесу, й порогові значення атмосферних концентрацій CO₂, за межами яких льодовиковий покрив зруйнується.

Прогнози втрат крижаного покриву залежать від реалістичних моделей, які можуть бути покращені за рахунок більш точних вимірювань та чіткішої фіксації його змін у часі та просторі. Оскільки льодовиковий покрив Антарктики є складною природною системою з внутрішньою динамікою, чутливою до атмосферних і океанічних впливів, більш глибоке розуміння властивостей криги і процесів, що визначають її форму та рух, матимуть вирішальне значення для поліпшення таких прогностичних моделей.

3. Відтворення геологічної історії Антарктики. Антарктида відіграє центральну роль в еволюції земної кори, її скам'янілості та гірські породи містять критичну інформацію про створення й розпад суперконтинентів, льодовикові періоди, еволюцію та поширення життя на Землі. Антарктида була наріжним каменем Гондвани, але природа її рифтогенезу ще не повністю розкрита, так само як і вплив вулканізму й тепла з надр Землі на поверхневий льодовиковий покрив досі практично не вивчений.

Скам'янілості розкривають історію взаємодії льоду і земної поверхні Землі, а геологічні відбитки минулих рівнів океану вказують, коли й де планетарний лід нарощувався або скорочувався. Проте необхідно отримати більше зразків льоду, гірських порід та скам'янілостей, аби зрозуміти, чи повторяться знову минулі кліматичні епохи.

Підльодовикова Антарктида також залишається у значній мірі terra incognita. Необхідні подальші морфологічні дослідження підстилаючої поверхні, складання топографічних карт підльодовикового рельєфу та берегової батиметрії, вивчення геотермальних потоків, особливостей та характеру поширення осадових порід, підльодовикового гідрологічного режиму.

4. Розвиток життя в Антарктиці. Антарктичні екосистеми довгий час вважалися молодими, простими, ізольованими, з бідним видовим складом. Проте в останнє десятиліття це розуміння зазнає змін. Деякі таксони, такі як черв'яки (поліхети) й ракоподібні (ізоподи і амфіподи), дуже різноманітні, а взаємозв'язки між видами на континенті, суміжних островах і в товщі морських вод більш складні, ніж вважалося раніше. Молекулярні дослідження вказують, що нематоди, кліщі, мошки і прісноводні ракоподібні пережили минуле заледеніння континенту, тому для прогнозування реакції на зміни навколишнього середовища ми повинні вивчити, яким чином події минулого призвели до диверсифікації видового складу регіону. Актуальними стають питання геномних, молекулярних та клітинних основ адаптації; темпів еволюції порівняно з іншими регіонами Землі; визначення вразливості біологічних видів та встановлення незворотних екологічних порогів. При цьому ключовим питанням стає з'ясування того, наскільки перетин цих екологічних порогів може вплинути на антарктичне біорізноманіття та його зростаюче значення як цінного ресурсу для життєзабезпечення людини.

5. Взаємодія з космосом. Суха, холодна і стійка атмосфера Антарктики створює виняткові умови для дослідження верхніх шарів атмосфери та геокосмосу. Підльодовикові озера відтворюють умови крижаних супутників Юпітера і Сатурна, а метеорити, зібрані на континенті, дозволяють зрозуміти, як формувалася Сонячна система, й несуть у собі цінну інформацію для астробіології.

Полярні регіони особливо сприйнятливі для досліджень такого явища космічної погоди, як сонячний вітер, часточки високої енергії якого проникають на полюси уздовж силових ліній магнітного поля Землі. Збурення в іоносфері, викликані сонячними спалахами, є потенційно небезпечними для глобальних систем зв'язку та енергосистем. Прогнозування космічної погоди і належна підготовка до таких небезпечних явищ – життєво важливі завдання сьогодення.

6. Діяльність людини та її вплив на природне середовище. За прогнозами багатьох фахівців, у найближчі два десятиліття присутність людини в Антарктиці буде нарощуватись, напрями її діяльності – диверсифікуватись, а вплив на природне середовище ставатиме більш різноплановим (включаючи нарощення обсягів морського промислу, а в перспективі – розвідку та видобуток покладів корисних копалин). У зв'язку з цим першочерговими стають питання адаптації людини та пов'язаних з нею немісцевих видів (патогенів) до умов навколишнього середовища Антарктики; вивчення екосистемних зв'язків регіону і впровадження дієвих природоохоронних заходів разом з розробкою ефективних механізмів управління і регулювання присутності людини в регіоні. Подальший розвиток людської діяльності (на тлі постійного зростання чисельності населення Землі й потенційних геополітичних змін у світі) вимагатимуть вдосконалення міжнародно-правового режиму Антарктики, в тому числі забезпечення пріоритету наукових досліджень.

4. Проблеми, що стоять на шляху вивчення Антарктики

Відповіді на ці численні запитання потребують тривалого і стабільного фінансування, цілорічного доступу до всієї території Антарктики, впровадження новітніх наукових та природоохоронних технологій, а також посилення міжнародного співробітництва і поліпшення взаємодії між усіма зацікавленими сторонами.

1. Відсутність тривалого і стабільного фінансування. Національні програми проведення досліджень в Антарктиці вкрай чутливі до перебоїв фінансування. У жовтні минулого року американські проекти були зупинені, відкладені або скорочені через тимчасове припинення роботи уряду США. Інші національні програми в результаті економічного спаду також зазнали скорочення бюджету. Підтримка багаторічних проектів ускладнюється через короткі цикли цільових грантів. Крім того, високі ціни на паливо (принаймні до середини 2014 року) й неможливість забезпечити виконання пошуково-рятувальних операцій ускладнили роботу за деякими проектами.

Відкладені проекти і скасовані польові роботи залишають непоправні для науки прогалини. Особливо це стосується моніторингових даних льодовикового покриву та біорізноманіття. Фінансова невизначеність та логістичні перешкоди також ставлять під загрозу роботу лабораторій, підготовку студентів і плекання когорти молодих науковців.

2. Цілорічний доступ до Антарктики. Доступ до місць, необхідний для проведення наукових досліджень, обмежений, через що значна частина континенту і Південного океану залишаються недослідженими, а більшість учених працюють в Антарктиці не протягом усього року, а лише кілька місяців. Дослідники потребують розробок нових автономних транспортних засобів та автоматичних обсерваторій, які могли б досягати найбільш віддалених місць. Мініатюрні давачі, встановлені на морських буйках чи закріплені на тілі тварин, мають бути так налаштовані, щоб фіксувати й передавати дані протягом місяців або навіть років. Для постійного спостереження за верхніми шарами атмосфери над обома полярними регіонами Землі необхідно задіяти більш широкий спектр супутникових давачів. Для доступу до континентальних внутрішніх областей необхідно розширити геофізичні дослідження, що проводяться з борту літальних апаратів.

3. Впровадження новітніх технологій. Нові технологічні виклики вимагатимуть розробки принципово нових рішень для збору даних в атмосфері, космосі та на тілі тварин. Нові «чисті» технології дозволитимуть відбирати зразки повітря, води, ґрунту, гірських порід, біоти у надскладних умовах та в надвіддаленіших місцях, наприклад, під

шельфовими льодовиками, у придонній товщі океанічних мас, під льодовиковим антарктичним щитом, навіть на клітинному рівні живих організмів.

Майбутні масиви даних потребуватимуть високої швидкості передачі великого обсягу інформації на значні відстані, а також нових технічних рішень щодо способів зберігання даних. Також будуть необхідні надійні джерела енергії для живлення віддалених автоматичних обсерваторій. Вдосконаленні комп'ютерні моделі матимуть важливе значення для відображення критично взаємопов'язаних природних систем Антарктики і Землі в цілому, що, в свою чергу, дозволить значно покращити прогнозування змін навколишнього середовища у різних часових та просторових масштабах. Бази даних і сховища, які зможуть обробляти величезну кількість геномної інформації, матимуть велике значення для нових відкриттів у царині зародження, розвитку та адаптації живих організмів в Антарктиці.

4. Охорона природного середовища Антарктики. На сьогоднішній день зрозуміло, що заходи з охорони природного середовища Антарктики мають бути посилені. Все більше вчених відвідують Антарктику, а кількість туристів за останні десять років зросла майже втричі і становить понад 34 000 відвідувачів на рік. Така тенденція зростання та урізноманітнення людської діяльності збільшує ризик проникнення немісцевих біологічних видів, а також підвищує ймовірність витоків палива та інших надзвичайних ситуацій антропогенного характеру, які вимагатимуть від операторів антарктичних програм більш ефективного реагування.

Система Договору про Антарктику, що формує сучасний міжнародно-правовий режим регіону, через зростаючий людський вплив на природне середовище та нарощення національних економічних інтересів (збільшення обсягів морського промислу калача та крилю) проходить чергову перевірку. Відтак проблеми створення морських підохоронних районів, міжнародного регулювання туризму, матеріальної відповідальності за нанесення екологічних збитків, регулювання комерційної біорозвідки наразі потребують подальшого вирішення. Ну а ключовим питанням стає вироблення комплексної стратегії екологічного менеджменту Антарктики в цілому.

5. Посилення міжнародного співробітництва. Антарктика – це місце, куди скеровуються національні інтереси багатьох держав. За останні десять років такі країни, як Бельгія, Китай, Чехія, Індія, Південна Корея, побудували там нові сучасні наукові станції; Німеччина, Велика Британія, США замінили старі станції новими; Японія, Південна Корея та Південно-Африканська Республіка побудували нові або відремонтували старі дослідницькі судна льодового класу.

Тим не менше вчені з багатьох інших країн все ще не мають доступу до Антарктики. Двадцять дев'ять країн беруть участь у колегіальному прийнятті рішень щодо управління регіоном, і ще двадцять одна висловила згоду діяти у відповідності з Договором про Антарктику з перспективою отримати право голосу в майбутньому (після забезпечення постійної та суттєвої наукової діяльності). І хоча такі країни акумулюють близько двох третин світового населення, їх кількість складає 26% (або менше однієї шостої) із 193 держав-членів Організації Об'єднаних Націй. Причому досі найменш представлені в Антарктиці країни Африки та Близького Сходу.

Наразі переважна більшість постійних наукових станцій є суто національними, і тільки дві з них мають статус міжнародних. Проте вже найближчим часом слід очікувати зняття не-виправданих бар'єрів для міжнародного співробітництва і розвитку нових, більш ефективних і взаємовигідних форм співпраці (альтернативних традиційній моделі отримання наукових знань на базі національних станцій), які сприятимуть обміну ідеями й даними, спільному здійсненню логістичних операцій та спільному використанню наукової інфраструктури, включаючи:

- спільне використання наукових станцій двома або більше країнами на основі корпоративних взаємовідносин;
- повторне використання / передачу законсервованих станцій іншій зацікавленій стороні;
- використання мобільних платформ, таких як науково-дослідницькі судна;
- використання тимчасових платформ, таких як польові табори, в тому числі багаторічні;
- спільне дистанційне зондування.

5. Висновки

Очікувані результати антарктичних досліджень мають глобальне значення для подальшого сталого розвитку регіону, в першу чергу для забезпечення раціонального використання морських живих ресурсів. При цьому головною метою міжнародної наукової спільноти має стати максимальна наукова віддача – за умови зведення до мінімуму наслідків людської діяльності в Антарктиці. Для досягнення цієї мети вирішальне значення матимуть узгоджені міжнародні зусилля при активному залученні всіх зацікавлених учасників – компетентних державних органів, керівників національних антарктичних програм, туристичних операторів та неурядових громадських організацій. У поточному десятилітті слід очікувати на більш широке міжнародне співробітництво, особливо в частині обміну вченими та результатами міждисциплінарних досліджень, посилення координації виконання наукових програм та фінансування відповідної інфраструктури.

Враховуючи загальну логіку розвитку міжнародно-правового режиму Антарктики, НАНЦ ініціює переговори (в першу чергу зі східноєвропейськими державами) щодо створення Міжрегіональної асоціації полярних досліджень, мета яких – на базі інфраструктурного комплексу станції Академік Вернадський забезпечити активну участь України у дво- та багатосторонніх міжнародних програмах співробітництва в Антарктиці. Це сприятиме модернізації та розбудові існуючої матеріально-технічної бази діяльності України в Антарктиці, підвищенню ефективності досліджень на основі переозброєння наукового парку станції Академік Вернадський та впровадженню нових технологій спостережень і оперативної обробки даних.

Запровадження спеціальних природоохоронних районів з особливим режимом управління, в тому числі мережі локальних морських підохоронних районів на основі моніторингових полігонів, закладених навколо станції Академік Вернадський, забезпечує послідовне і систематичне прагнення України інституціоналізувати наявними правовими засобами так званий район наукових інтересів України в Антарктиці (район навколо станції Академік Вернадський з радіусом доступності 30–35 км і загальною площею близько 1800 км²). Україна стала однією з перших держав (поряд зі США, Великою Британією, Францією, Австралією та Новою Зеландією), що послідовно, починаючи з 2005 року, розвиває ідеї створення в Антарктиці морських підохоронних районів. У перспективі робота в цьому напрямку покликана забезпечити не тільки суто наукові та масштабні природоохоронні заходи, а й посилити позиції України як Консультативної Сторони Договору про Антарктику.

Присутність України в Антарктиці – це запорука забезпечення діяльності вітчизняного рибпромислового флоту та проведення в антарктичних водах комплексних рибпромислових експедицій. Це дасть можливість впливати на ухвалення важливих рішень щодо розмірів загально-допустимих виловів водних біоресурсів Антарктики, а в перспективі – забезпечити повноправну участь України (в будь-яких формах) можливого у майбутньому освоєння антарктичних надр – від вироблення механізму регулювання такої діяльності до її безпосереднього здійснення.

Література

Kennicutt C., Chown S., Cassano J. et al. Polar research: six priorities for Antarctic science // *Nature*. – 2014. – № 512. – pp. 23–25. – doi:10.1038/512023a.

Kennicutt C., Chown S., Cassano J. et al. A roadmap for Antarctic and Southern Ocean science for the next two decades and beyond // *Antarctic Science*. – 2014. – №27. – pp. 3-18. – doi:10.1017/S0954102014000674.