

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ БОТАНІЧНИЙ САД ім. М. М. ГРИШКА

БІОГЕОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ КРІОГЕННИХ ҐРУНТІВ



НАТАЛІЯ ЗАІМЕНКО

12 березня 2021 р.
м. Київ



**ОЛЕКСІЙ МОРОЗОВ,
Д.Ф.-М.Н., ПРОФ., АКАДЕМІК
(1928 – 2009)**

“Грунтознавство буде однією із фундаментальних наук XXI століття, бо ґрунт – основа для виробництва продуктів, екології, реабілітації природи”

“Сучасне ґрунтознавство залишається на рівні XIX століття, є описовим і, в цілому, займається географією і морфологією ґрунтів. Натомість, сьогодні і завтра потрібна, перш за все, кількісна “фізіологія” – динаміка ґрунту.”



СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ ҐРУНТІВ

ПОЗАСИСТЕМНІ, ПЕРЕВАЖНО ОПИСОВІ

застосовуються до несільськогосподарських, переважно гірських ґрунтів, з 1900 року дотепер. Наприклад, “альпійський чорний ґрунт”, “бурий гірський ґрунт на південних схилах” (Deyl, 1940)

МЕХАНІЧНИЙ ПІДХІД (SOIL TAXONOMY)

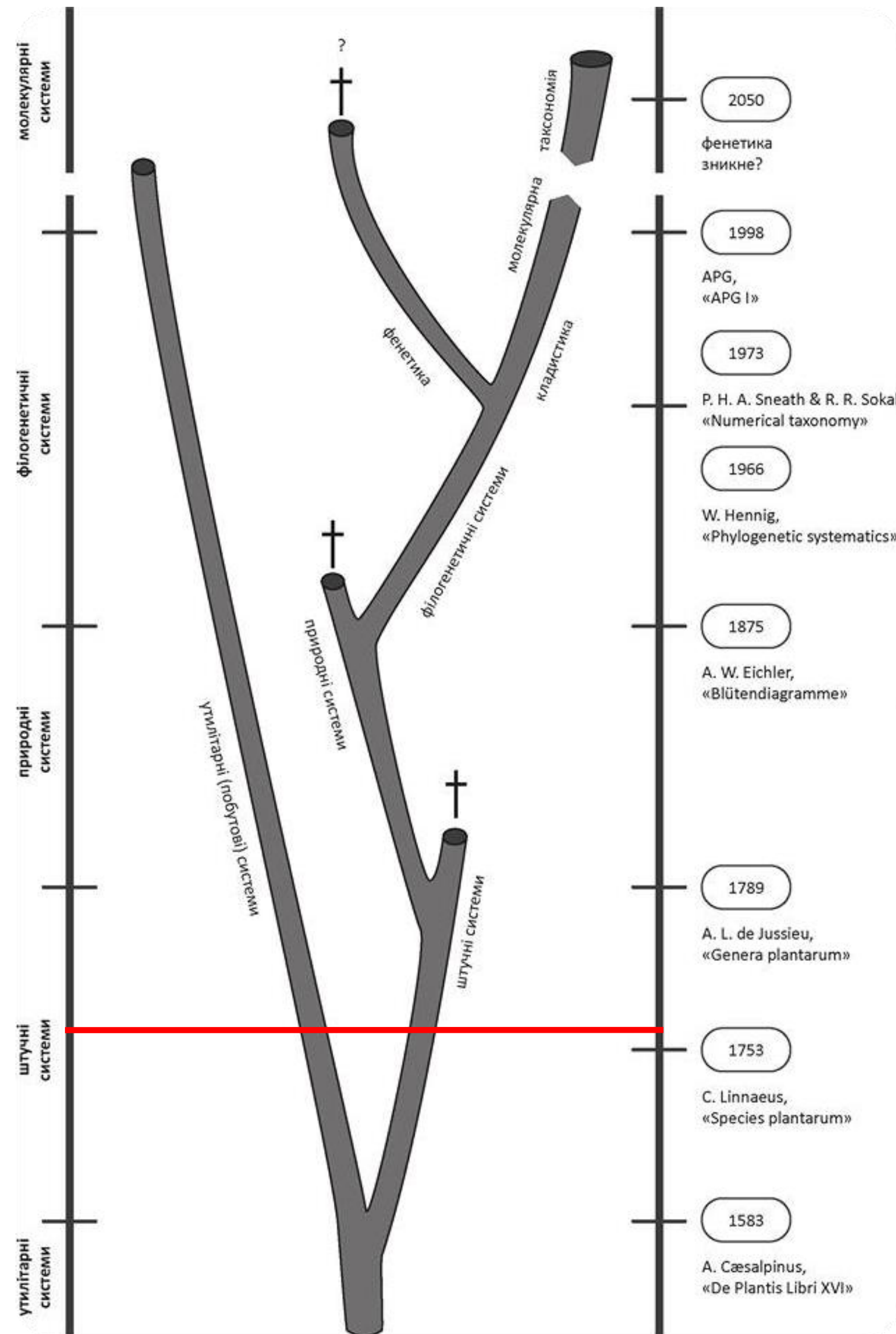
наявність певних діагностичних горизонтів є обов’язковою підставою для визначення приналежності ґрунту. Наприклад “Turbic Haploturbel”

ЗМІШАНИЙ ПІДХІД (WRB) ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ҐРУНТІВ

частково використовуються підходи генетичних класифікацій – наприклад, виділення “Chernozems” та “Solonchaks”, частково – механічних – наприклад, “Cambisol”

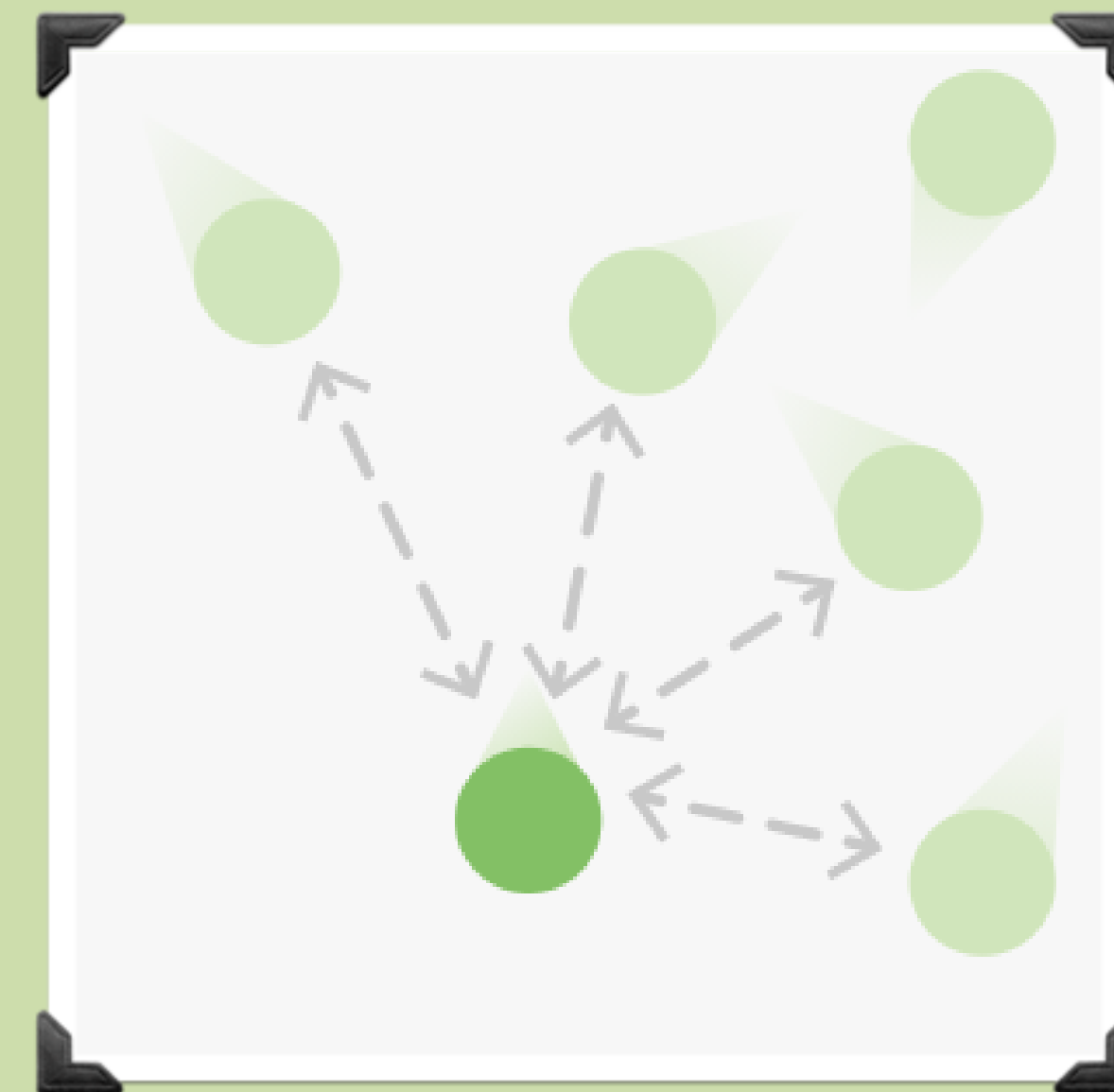
ГЕНЕТИЧНИЙ ПІДХІД

класифікація ґрунтів СРСР та більшості пострадянських республік. Наприклад, “чорнозем”, “солончак”, “дерново-підзолистий”.





Ми **знаємо** що таке ідеальний газ, але **не маємо уявлення** яким має бути ідеальний ґрунт.



Подібно до моделі ідеального газу, слід знехтувати певними взаємодіями у ґрунті щоб описати його основні властивості. Такі **“майже ідеальні”** ґрунти поширені у регіонах, де ґрунтоутворення відбувається дуже повільно: у пустелях і тундрах .




З ПОЗИЦІЙ БІОГЕОХІМІЧНОЇ ТЕОРІЇ В. ВЕРНАДСЬКОГО

ДОЦІЛЬНО РОЗГЛЯДАТИ ІНІЦІАЛЬНІ КРІОГЕННІ ҐРУНТИ
(АНТАРКТИКА, ГРЕНЛАНДІЯ, СВАЛЬБАРД, ТОЩО) ЯК:

КОМПОНЕНТ ЕКОСИСТЕМ ЧУТЛИВИХ
ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

СПРОЩЕНА МОДЕЛЬ ЗОНАЛЬНИХ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ҐРУНТІВ

ПРОТОТИП ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЗАСАД
КОСМІЧНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА

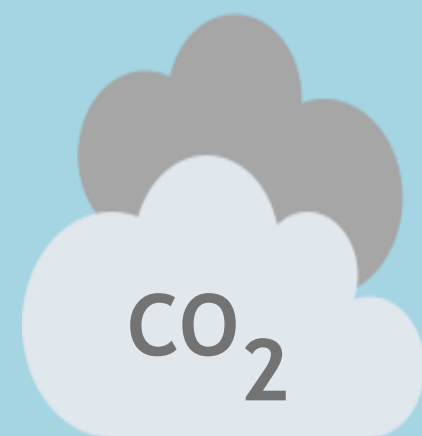


Всебічний аналіз структурно-функціональної організації біогеоценозів Антарктики із залученням методів системного аналізу процесів, що відбуваються в екотонах під впливом життєдіяльності рослин, мікроорганізмів і факторів зовнішнього середовища, дозволяє отримати інформацію щодо початкових етапів ґрунтоутворення на нашій Планеті та визначити механізми відродження ґрунтів, втрачених у результаті зледеніння.

Дослідження антарктичних тундрових екосистем є пріоритетним у контексті сучасного потепління та інвентаризації пулів і потоків CO₂ у наземних екосистемах.



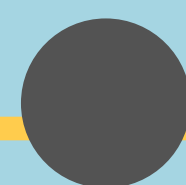
**СИБІР, АЛЯСКА,
КАНАДА, ГРЕНЛАНДІЯ
ТА АМАЗОНІЯ**



**ДЕСЯТКИ МЕГА ТОН
ВУГЛЕКИСЛОГО
ГАЗУ ПОТРАПИЛИ В
АТМОСФЕРУ**



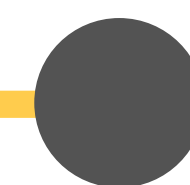
**178 МЛРД. ТОН ЛЬОДУ
РОЗТАЛО
В ГРЕНЛАНДІЇ У
ЛИПНІ 2019**



СЬОГОДЕННЯ

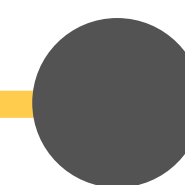
ГОЛОВНІ ПРОБЛЕМИ

ОСНОВНІ ЦІЛІ



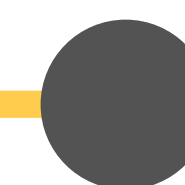
2030

**НА 45 % СКОРОТИТИ
ВИКИДИ
ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ**



2050

**ДОСЯГТИ
НУЛЬОВОГО
РІВНЯ ВИКИДІВ
CO₂**



2100

**УТРИМАННЯ
ТЕМПЕРАТУРИ В
МЕЖАХ 1,5
ГРАДУСІВ**

КРІОГЕННИЙ ҐРУНТ ЯК КОМПОНЕНТ ЕКОСИСТЕМ ЧУТЛИВИХ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

кріогенні ґрунти приурочені до наземних екосистем, населених stenothermними організмами, здатних функціонувати у вузькому діапазоні температур;

високогір'я (альпіка), Арктика та особливо Антарктика – є регіонами, де кліматичні зміни відбуваються найшвидше на Планеті, та де їхній вплив є найвідчутнішим;

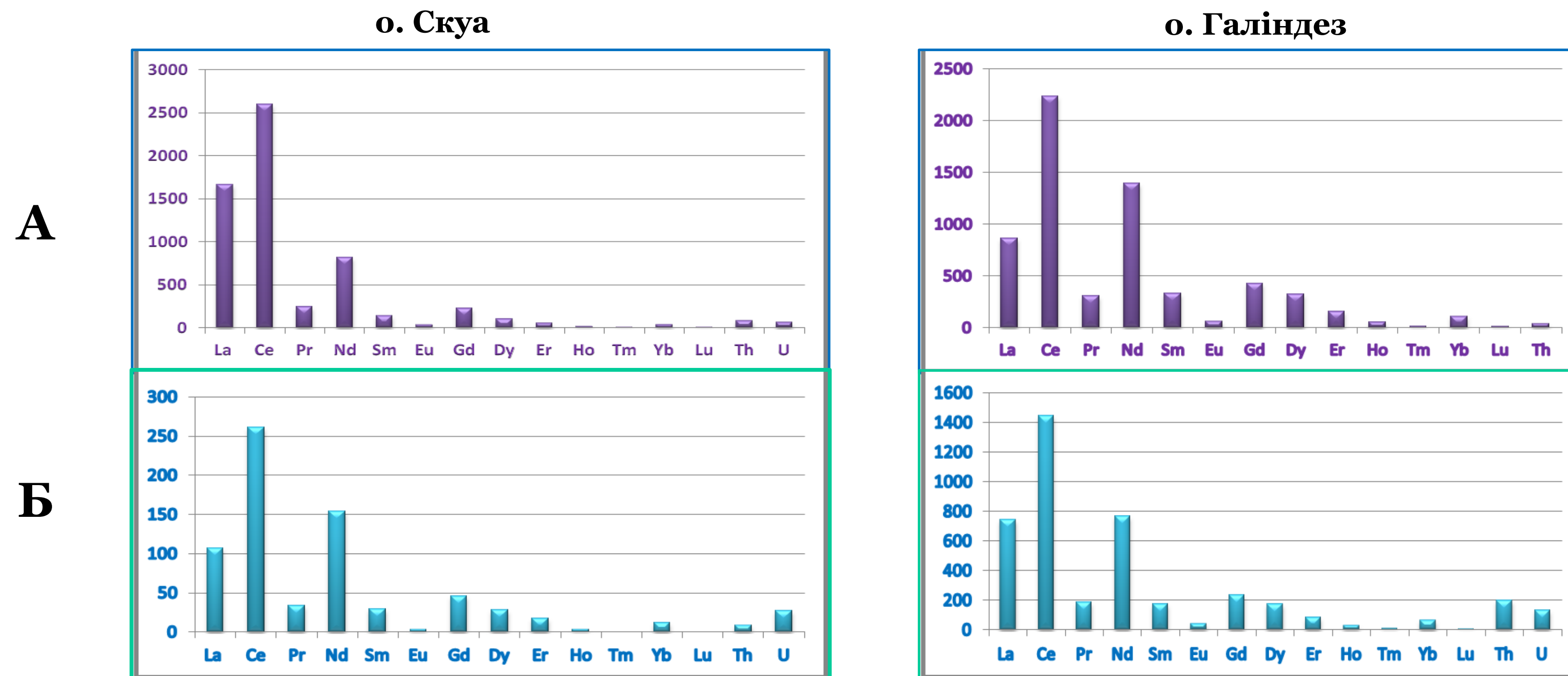
ґрунти узбережь у полярних широтах особливо тісно пов'язані із морськими екосистемами, оскільки первинна продуктивність останніх є значно вищою, ніж наземних Арктичних і Антарктичних екосистем.

ОСОБЛИВОСТІ ІНІЦІАЛЬНОГО ГРУНТОУТВОРЕННЯ У ПРИБЕРЕЖНІЙ АНТАРКТИДІ

Відповідно до теорії В.І. Вернадського геофізичні процеси, що відбуваються на поверхні літосфери та атмосфери, призводять до міграції хімічних елементів, для більшості з яких Планета вважається замкнутою системою, а зміни хімічного складу відбуваються шляхом їхнього безперервного геохімічного колооберту.

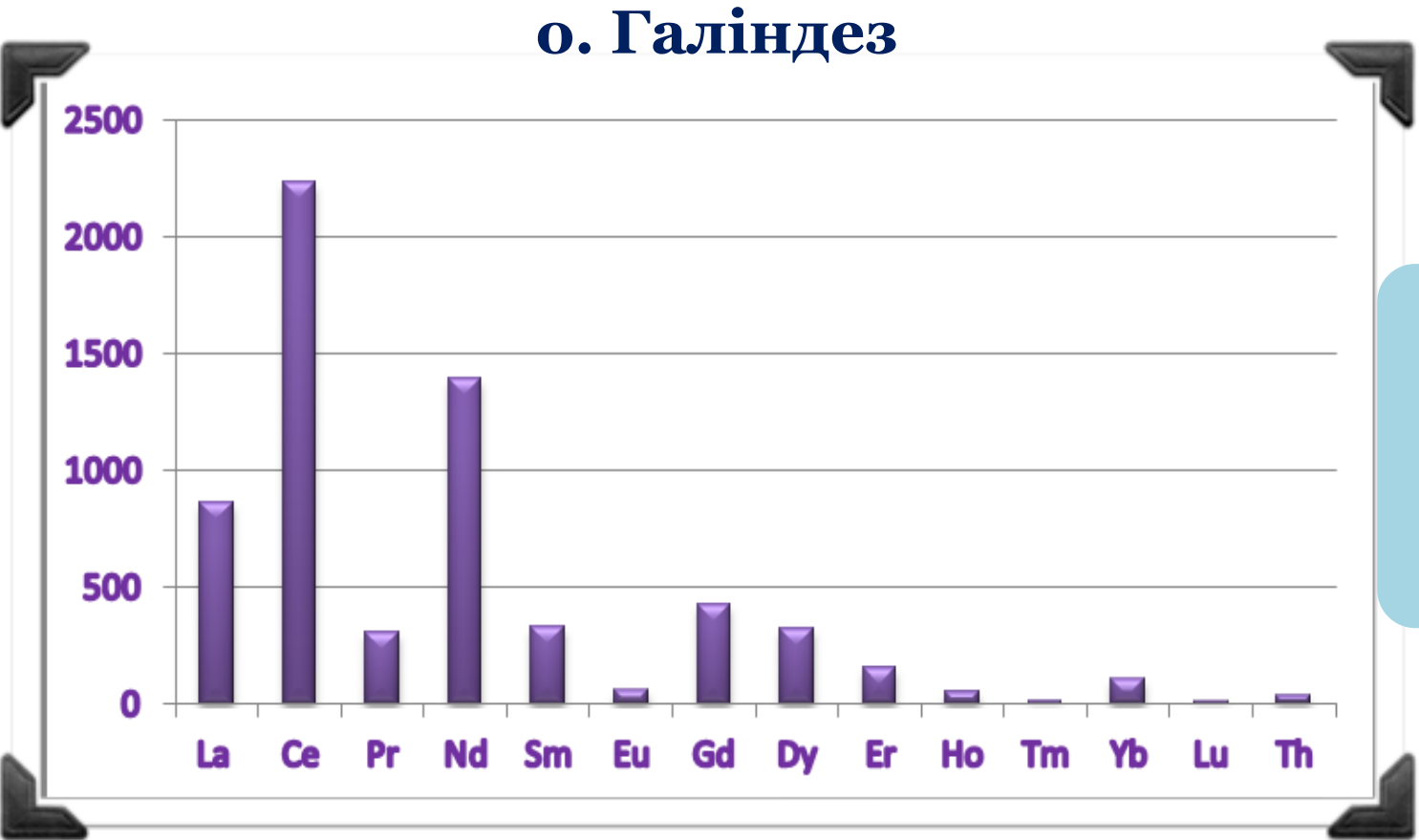
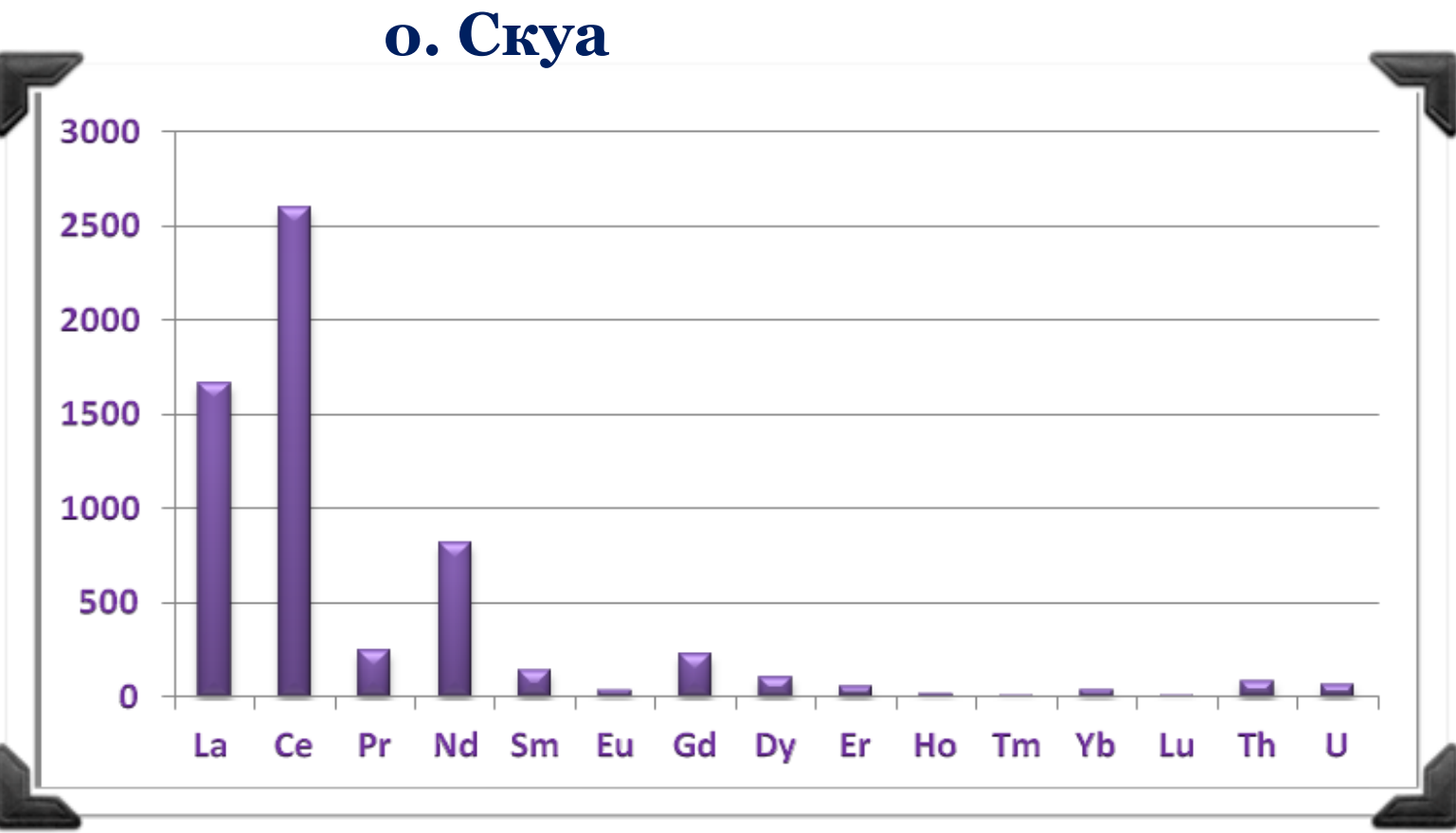


Проведена нами оцінка розподілу хімічних елементів у кріогенних ґрунтах свідчить про достатньо високу їхню концентрацію. При цьому, незалежно від території, яку було обстежено, прослідковується практично однакова залежність в розподілі елементів у ґрунтах, що підтверджує теорію В.І. Вернадського щодо подібності геохімічних циклів.



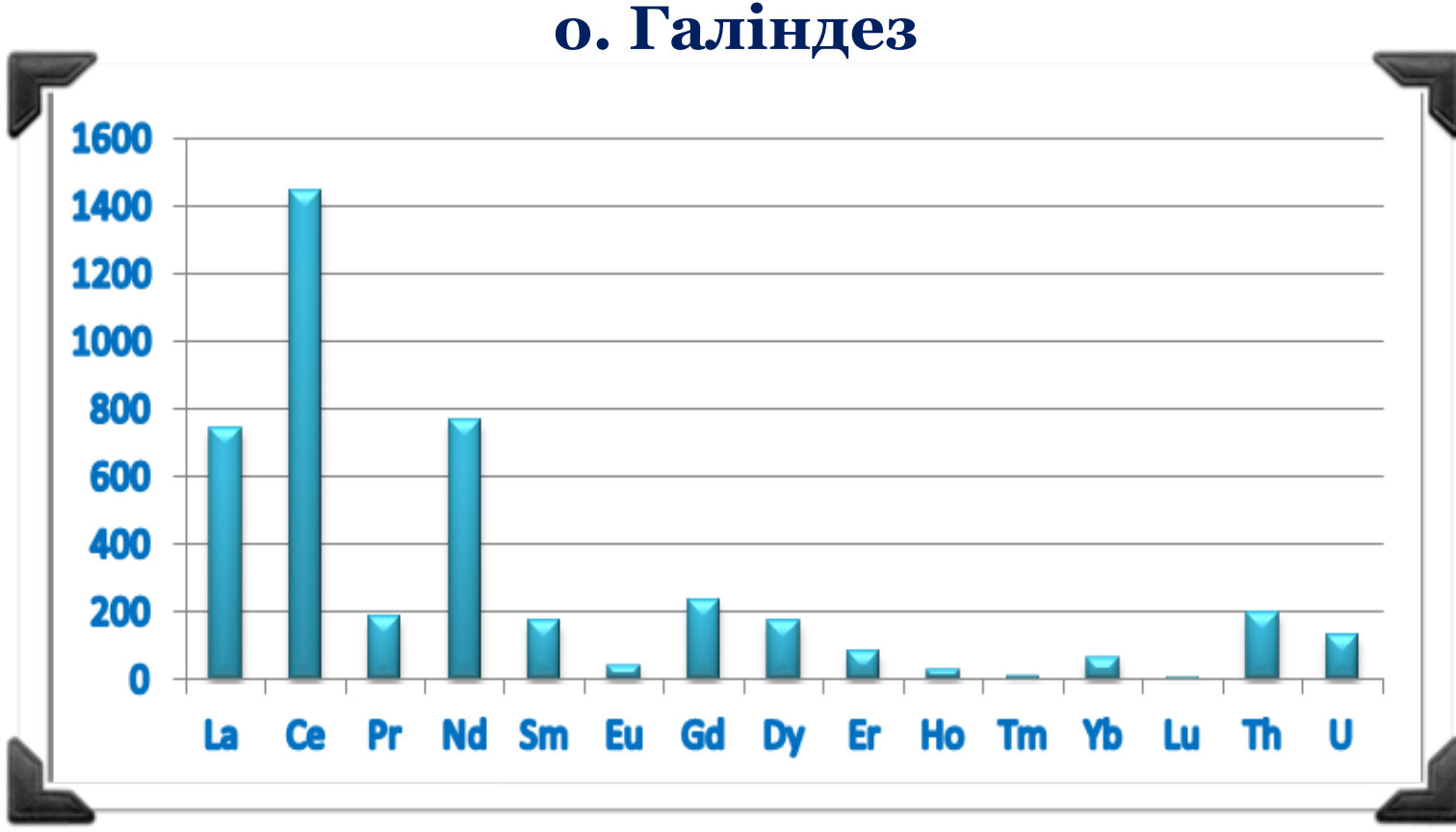
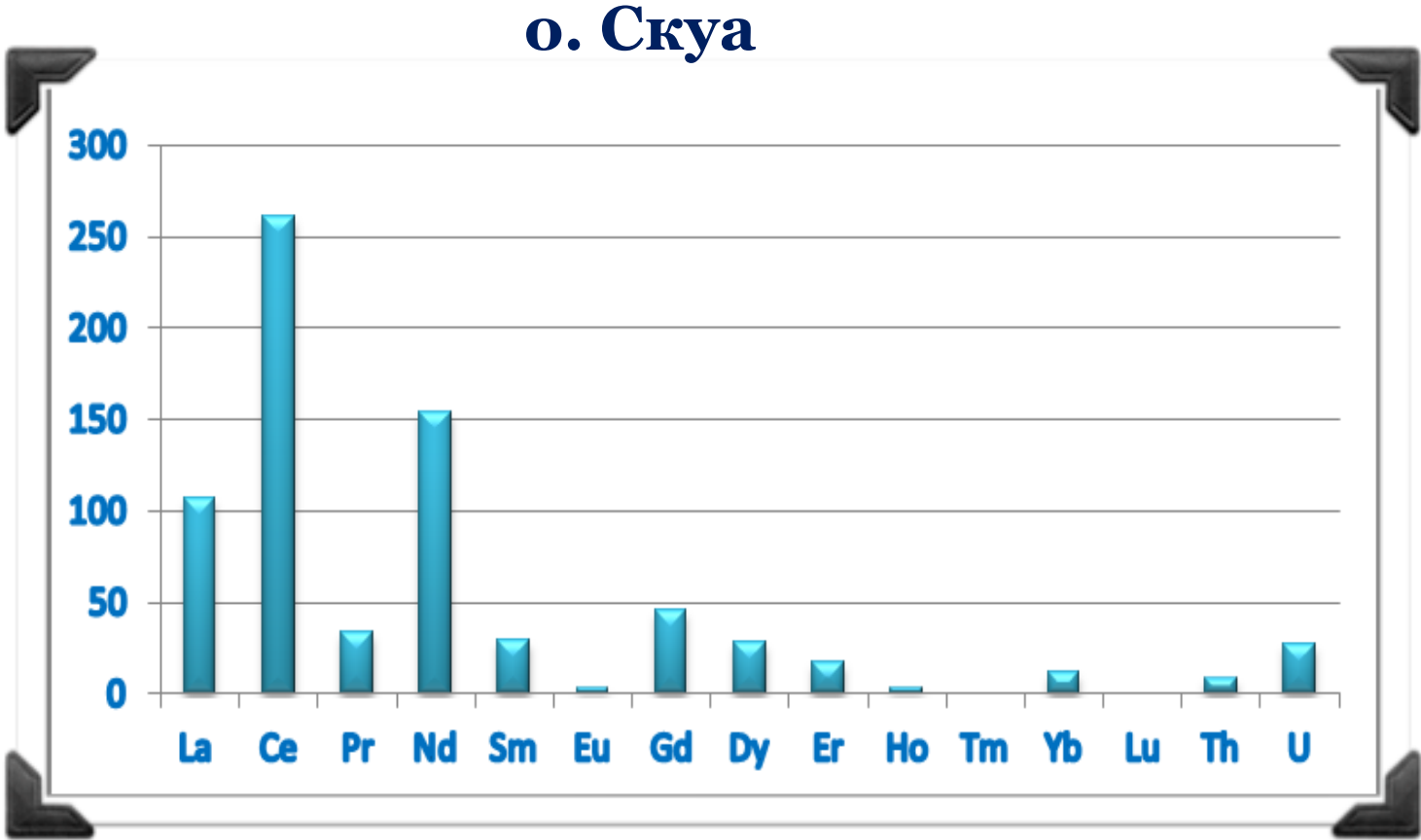
Вміст лантаноїдів та актиноїдів у зразках оторфованих мохів (А) і примітивних ґрунтів під мохами (Б).

Оцінка розподілу лантаноїдів і актиноїдів, для яких у водних розчинах характерні процеси гідролізу, полімеризації, комплексоутворення і самоопромінення, свідчить про досить високу концентрацію цих елементів у кріогенних ґрунтах островів.



Вміст рідкоземельних і радіоактивних елементів в ґрунті під мохами островів Скуа і Галіндез

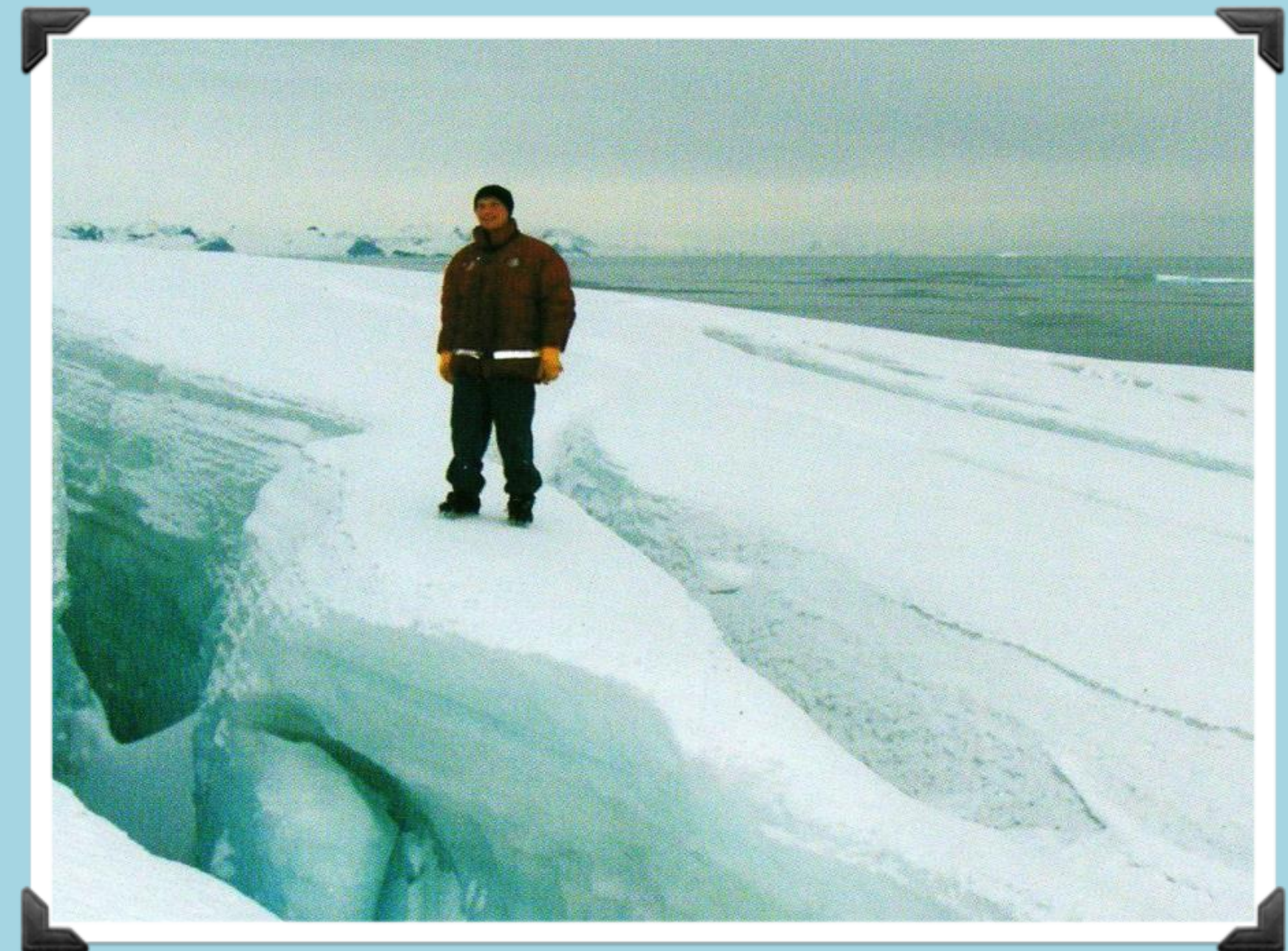
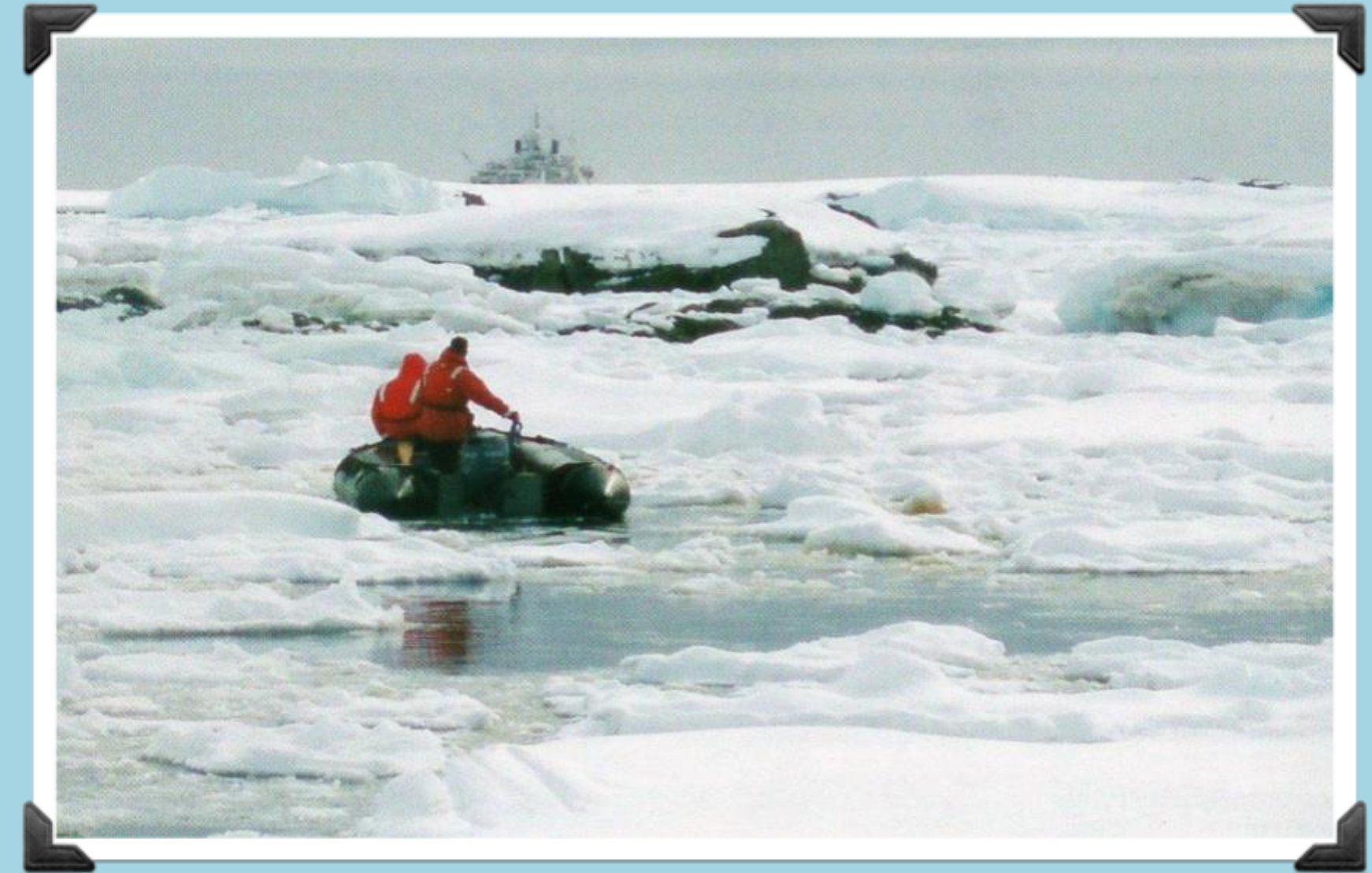
Вміст рідкоземельних і радіоактивних елементів в зразках оторфованих залишків мохів островів Скуа і Галіндез



Екосистеми віддалених біогеографічних областей (Антарктика, Нотогея), і особливо окремих архіпелагів і островів, перебувають в стані рівноваги, а більшості місцевих видів притаманний досить вузький діапазон екологічної пластичності. У зв'язку з цим, такі частково ізольовані екологічні системи дуже вразливі до зовнішніх впливів і, передусім до інвазій.

Питанням міжвидової конкуренції автохтонних і алохтонних видів рослин традиційно приділяється значно менше уваги. Ще менше такого роду досліджень виконано в арктичній, антарктичній і альпійській тундрах – самих чутливих до потепління клімату екосистемах.

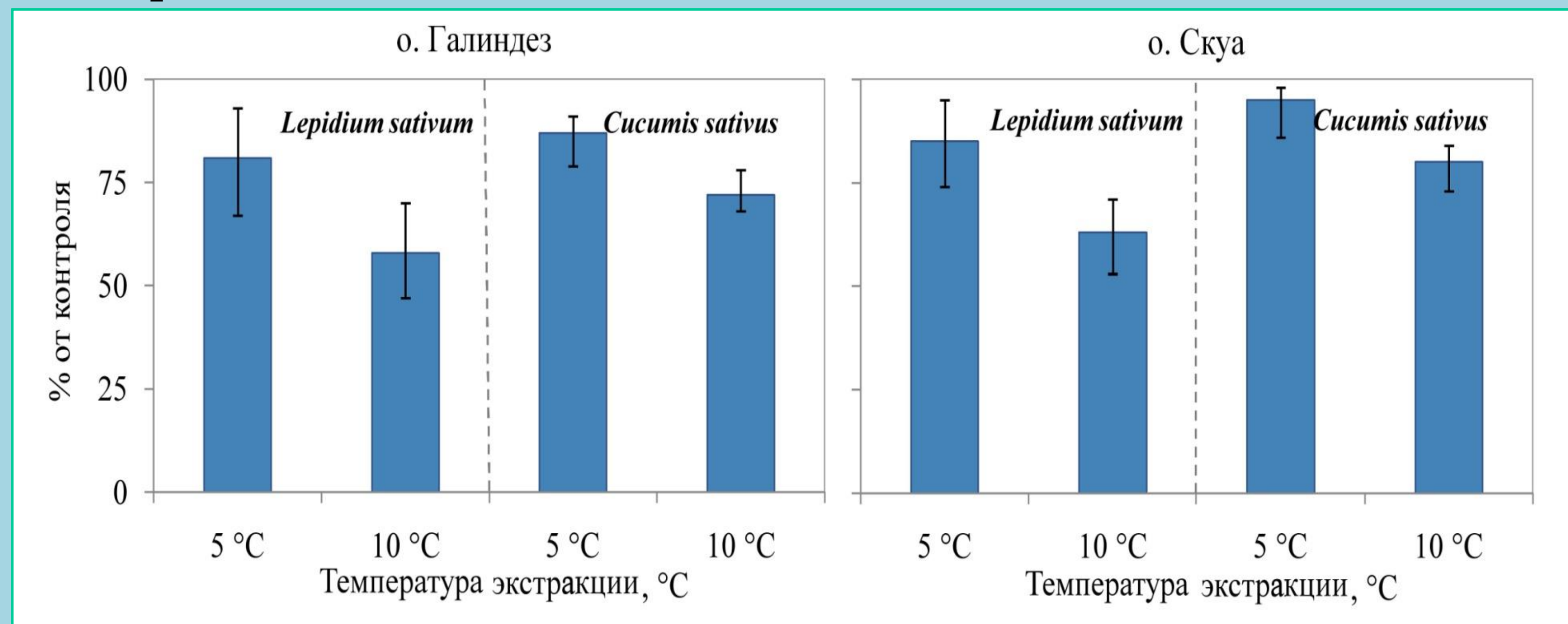
Особливий інтерес в цьому контексті представляють антарктичні екосистеми - максимально непорушені, агемеробні біоценози.



Особливий інтерес викликають дослідження з оцінки конкурентоспроможності *Deschampsia antarctica*.

Виявлено, що навіть при низьких температурах (5°C) водні ґрунтові екстракти характеризуються високою алелопатичною активністю, а за умови підвищення температури (10°C) спостерігається її збільшення на 20-39%.

Прогнозоване в лабораторних умовах підвищення алелопатичної активності в ризосфері *Deschampsia antarctica* дозволяє визначити конкурентні взаємовідносини з алохтонними видами рослин за простір, світло, вологу і поживні речовини.



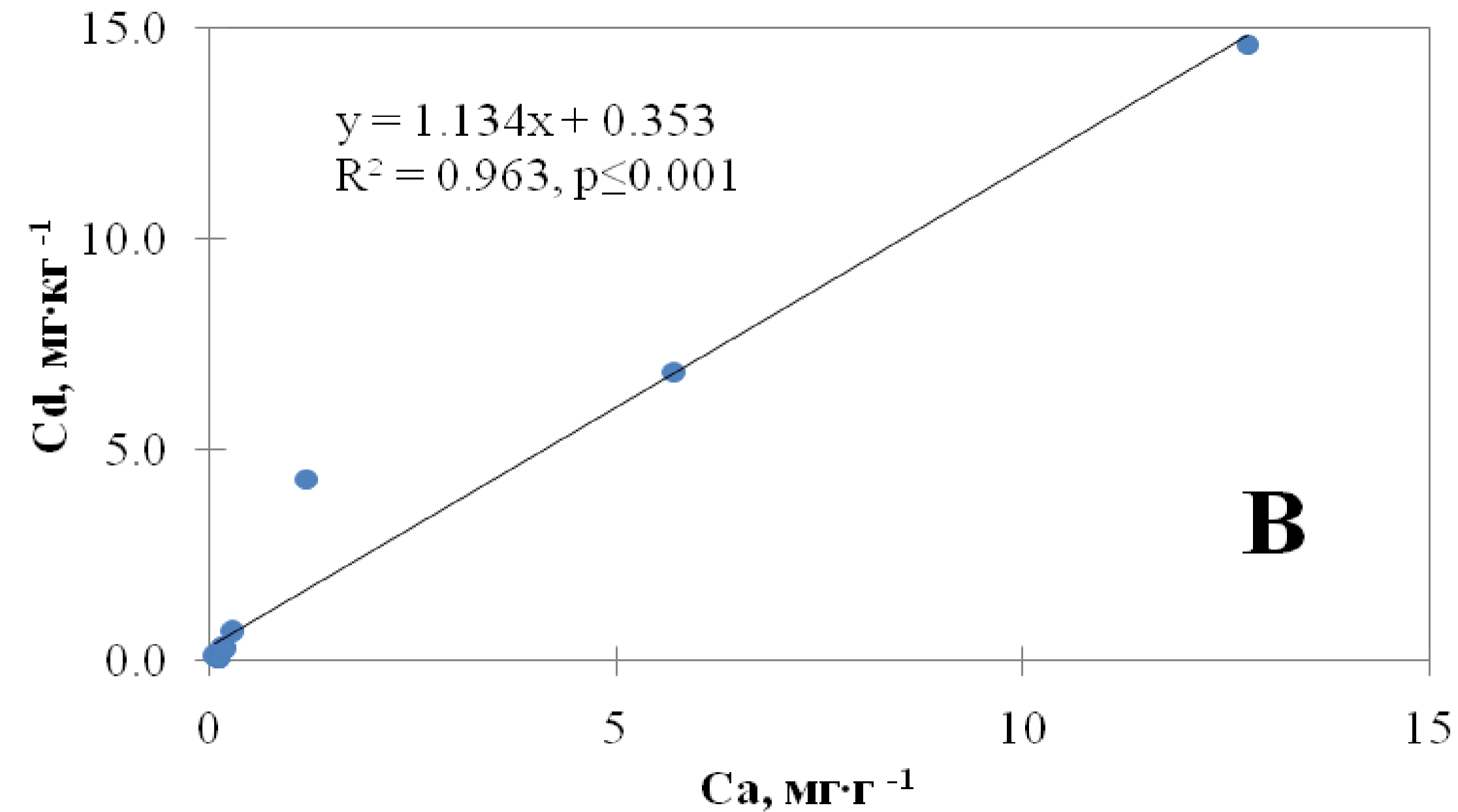
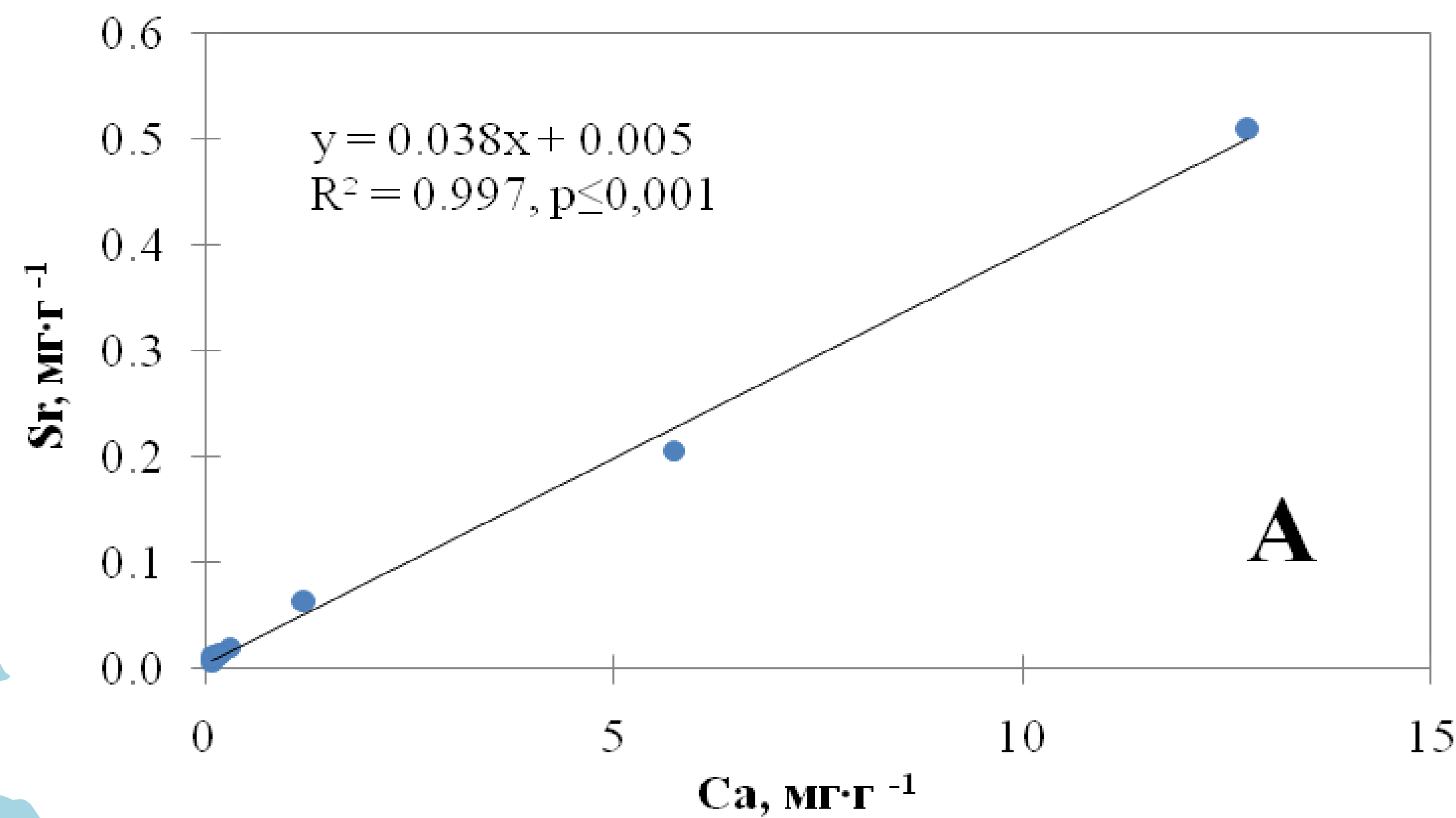
ФЕНОМЕН ЗООГЕННОГО ВПЛИВУ НА СТРУКТУРНО – ФУНКЦІОНАЛЬНУ ОРГАНІЗАЦІЮ КРІОГЕННИХ ГРУНТІВ

Істотний вплив орнітофауни на ґрунтоутворення у Прибережній Антарктиці пов'язаний із накопиченням гуано, наявності розсипів мушель *Naella concinna* та інтенсивності поширення едифікаторів, у т.ч. і *Deschampsia antarctica*.

Визначалась індикаторна роль кальцію, стронцію і кадмію у з'ясуванні участі орнітогенного процесу в ґрунтоутворенні, що обумовлено тим, що кальцій є основним елементом мушель молюсків, а стронцій - його аналогом. Що стосується кадмію - він представлений в материнських породах в незначних кількостях, але молюски *N. concinna* здатні його ефективно накопичувати.

У більшості досліджених кріогенних ґрунтах міститься багато стронцію та кадмію; особливо – в ґрунті під *D. antarctica*.





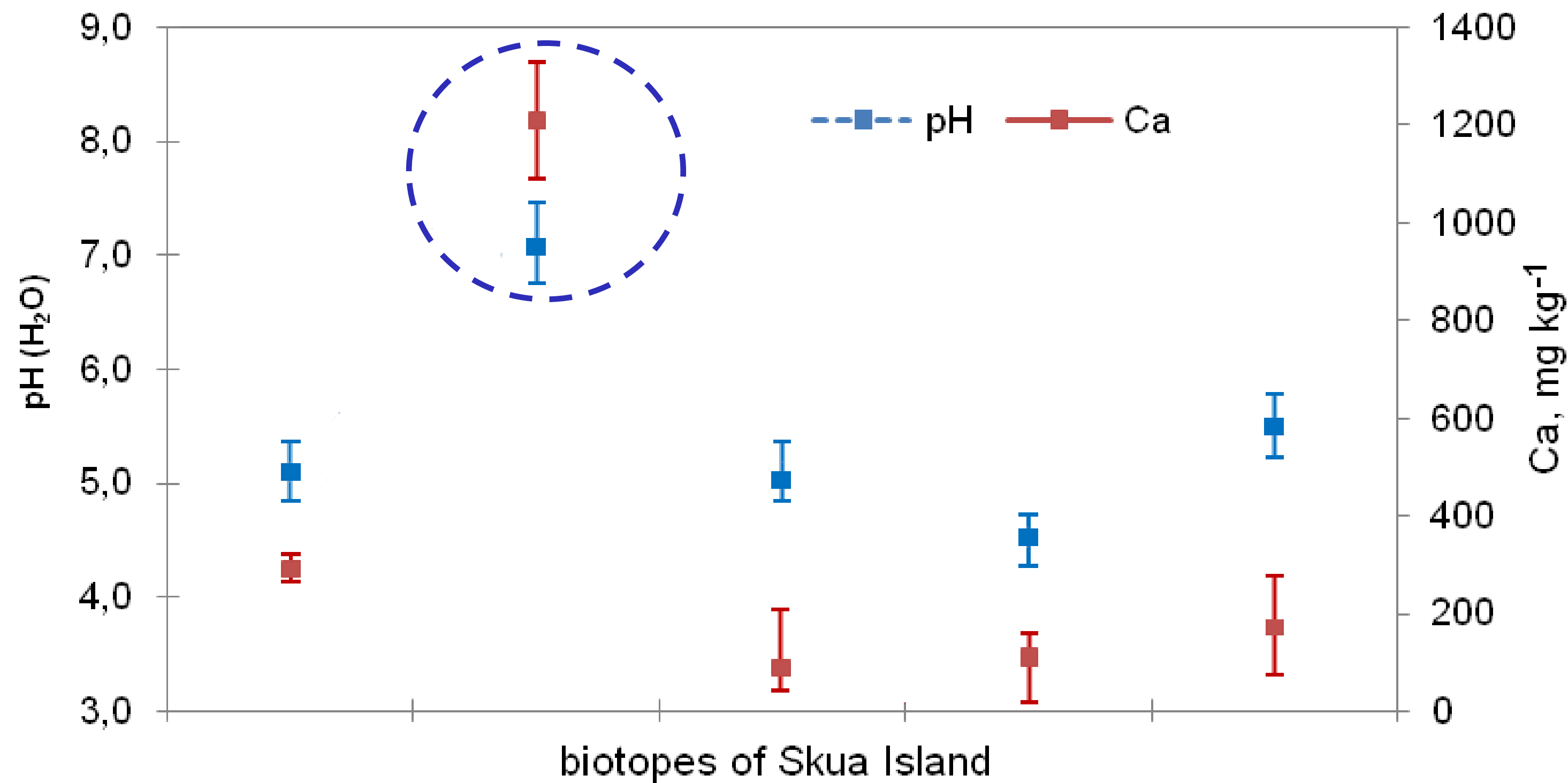
**Залежність між вмістом кальцію і стронцію (A) та кальцію і кадмію (B)
в ґрунтах островів Галіндез і Скуа (n=10)**

ІДЕНТИФІКОВАНО ВАЖЛИВИЙ ТРОФІЧНИЙ ЛАНЦЮГ У ЕКОСИСТЕМАХ ПРИБЕРЕЖНОЇ АНТАРКТИКИ, ЯКИЙ ВПЛИВАЄ НА СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ:

водорості → антарктичний лімпет (черевоногий молюск, *Nacella polaris*) →
домініканський мартин (*Larus dominicanus*) → гнізда та кормові столики
домініканського мартина → ґрунт



ІДЕНТИФІКОВАНО ВАЖЛИВИЙ ТРОФІЧНИЙ ЛАНЦЮГ У ЕКОСИСТЕМАХ ПРИБЕРЕЖНОЇ АНТАРКТИКИ, ЯКИЙ ВПЛИВАЄ НА СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ:



Встановлено, що ластоногі (*Pinnipedia*) також істотно впливають на формування ґрунтів морської Антарктики.

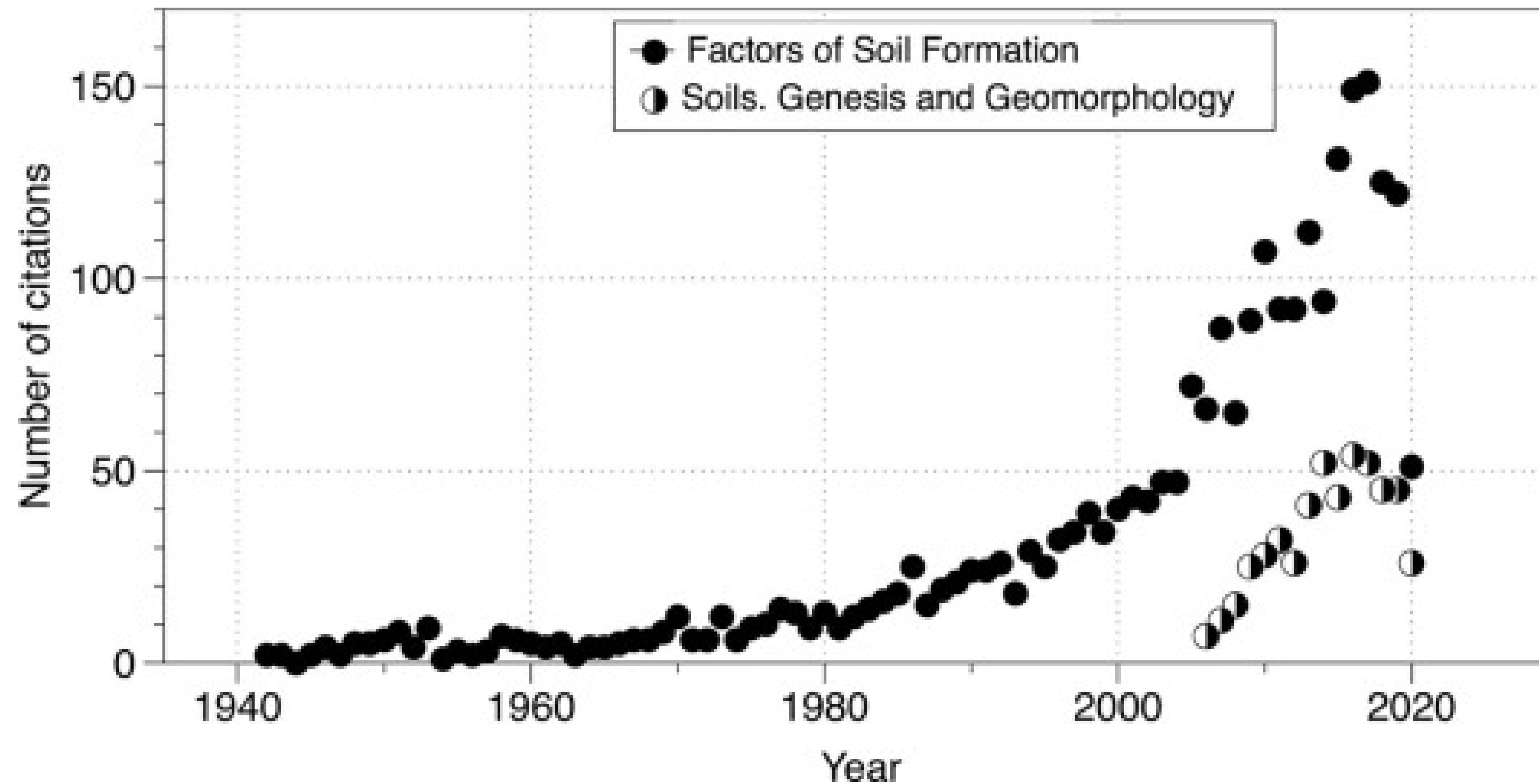
Запропоновано удосконалити сучасну міжнародну класифікацію ґрунтів шляхом введення суфікса *Mammalic*.

КРІОГЕННИЙ ҐРУНТ ЯК СПРОЩЕНА МОДЕЛЬ ЗОНАЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ҐРУНТІВ

ініціальні кріогенні ґрунти відрізняються від зональних сільськогосподарських ґрунтів значно меншою потужністю профілю, повільнішими внутрішньоґрунтовими процесами, та домінуванням кріогенезу над іншими чинниками ґрунтоутворення;

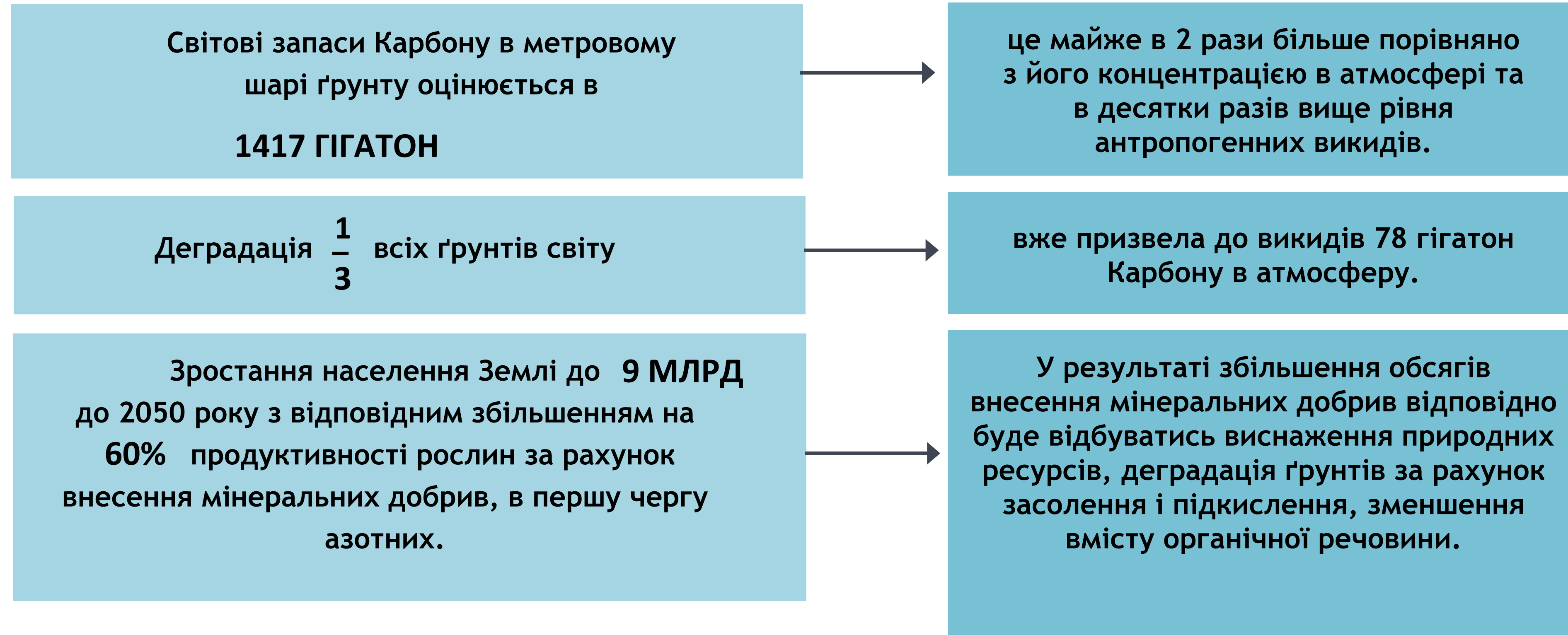
упродовж ХХІ століття простежується стрімке підвищення інтересу науковців до концепції факторів ґрунтоутворення;

застосування концепції факторів ґрунтоутворення до ініціальних кріогенних ґрунтів дозволить краще зрозуміти та кількісно оцінити внесок цих факторів та ідентифікувати інші важливі низькотемпературні впливи, зокрема інтенсивне формування гумусу.



За даними Amundson (2021), упродовж ХХІ ст. спостерігається експоненційне зростання цитованості праці Jenny (1941) “*Factors of Soil Formation. A System of Quantitative Pedology*,” у якій зокрема узагальнено уявлення В. Докучаєва та В. Вернадського про розвиток і формування ґрунтів.

ЩО ВІДБУВАЄТЬСЯ ЗАРАЗ?



Тому згідно з Резолюцією ООН 2015 р. 117 країни світу, в т. ч. і Україна, взяли на себе додаткові зобов'язання щодо розробки технологій, які передбачають зростання вмісту гумусу в ґрунті.

Оскільки антарктичне ґрунтознавство є новою дисципліною , на сьогодні існує лише фрагментарна інформація щодо основних етапів трансформації органічної речовини та механізмів взаємодії продуктів розкладання з компонентами довкілля. За низькотемпературних умов формування органічної речовини частково відбувається за “меланіновим” напрямом гумусоутворення.

**Чисельність мікроміцетів та актиноміцетів у
гумусово-дернових горизонтах ґрунтів під *D.*
antarctica і *D. cespitosa* Мікроміцети**

| Ґрунт | Мікроміцети | | Актиноміцети, млн КУО в 1 г ґрунту |
|---|------------------------|-------------------|--|
| | тис. КУО* в 1 г ґрунту | меланіновмісні, % | |
| Під <i>D. antarctica</i> (Leptic Cambisol) | 93,8±4,2 | 53,6 | 0,9±0,08 |
| Під <i>D. cespitosa</i> (Haplic Luvisol) | 139,3±11,7 | 16,7 | 2,8±0,3 |



Науковцями Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України разом із колегами Цзямуського університету створено спільну китайсько-українську лабораторію з вивчення чорноземів, одним із напрямків роботи якої є вивчення низькотемпературних процесів у чорноземах, які були попередньо встановлені для кріогенних ґрунтів.



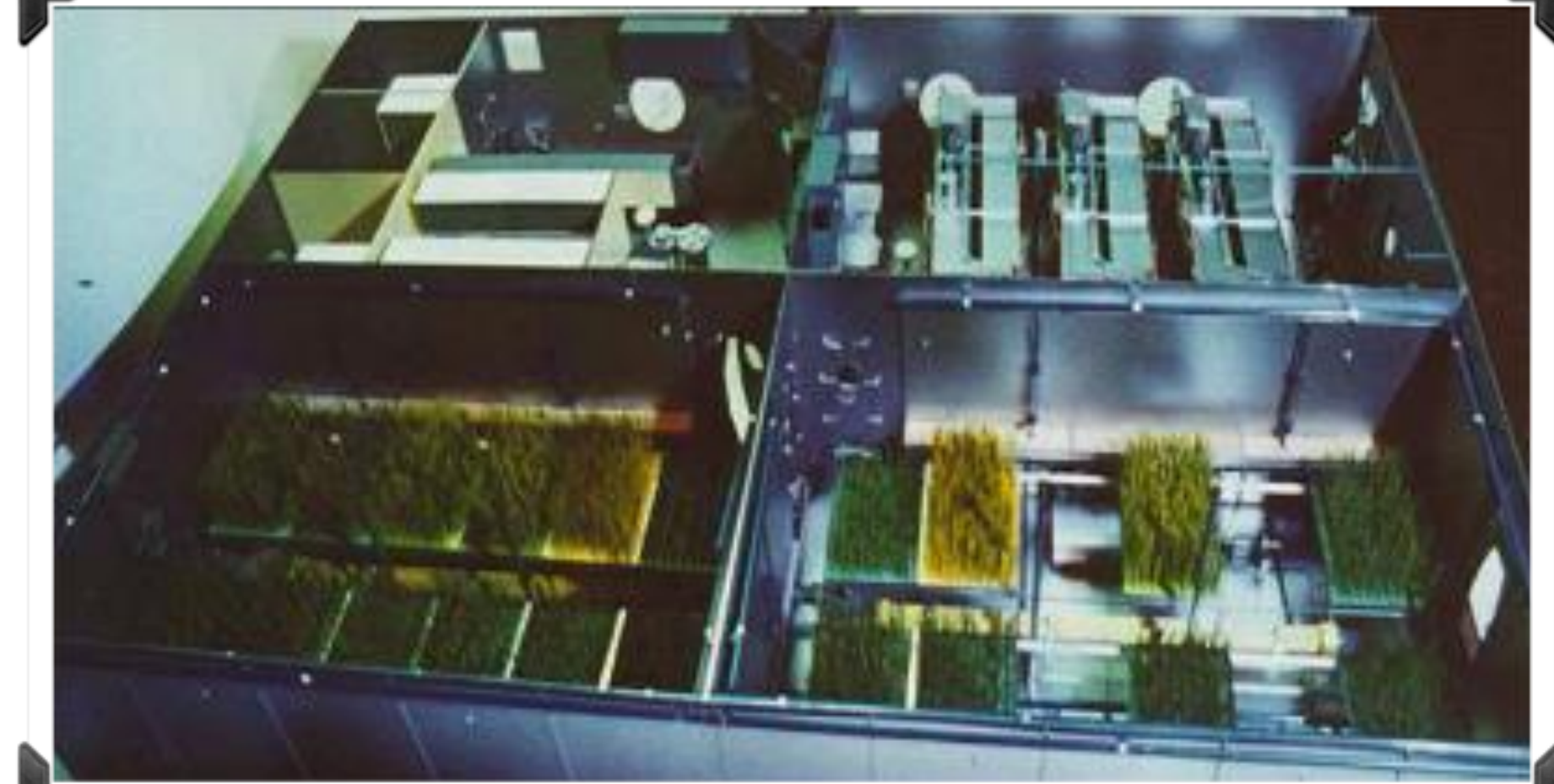
Спільні дослідження кріогенних ґрунтів та/або низькотемпературних процесів у зональних ґрунтах помірної кліматичної зони ведуться у співпраці з науковцями Канади, Іспанії, Німеччини, Бразилії, Чілі та Південно-Африканської Республіки.

КРІОГЕННИЙ ҐРУНТ ЯК ПРОТОТИП ДЛЯ СТВОРЕННЯ ШТУЧНИХ ҐРУНТІВ (КОСМІЧНЕ ҐРУНТОЗНАВСТВО)

створення штучних ґрунтів необхідне для забезпечення замкнутих систем життєзабезпечення (наприклад космічні, підводні та інші замкнуті станції);

реголіт є важливою складовою Місячного та Марсіанського ґрунту, а також поширений у полярних регіонах Землі ;

більшість спроб створити замкнуті системи життєзабезпечення які б могли функціонувати тривалий час виявились невдалими, зокрема, через неефективний катаболічний блок – ґрунт.

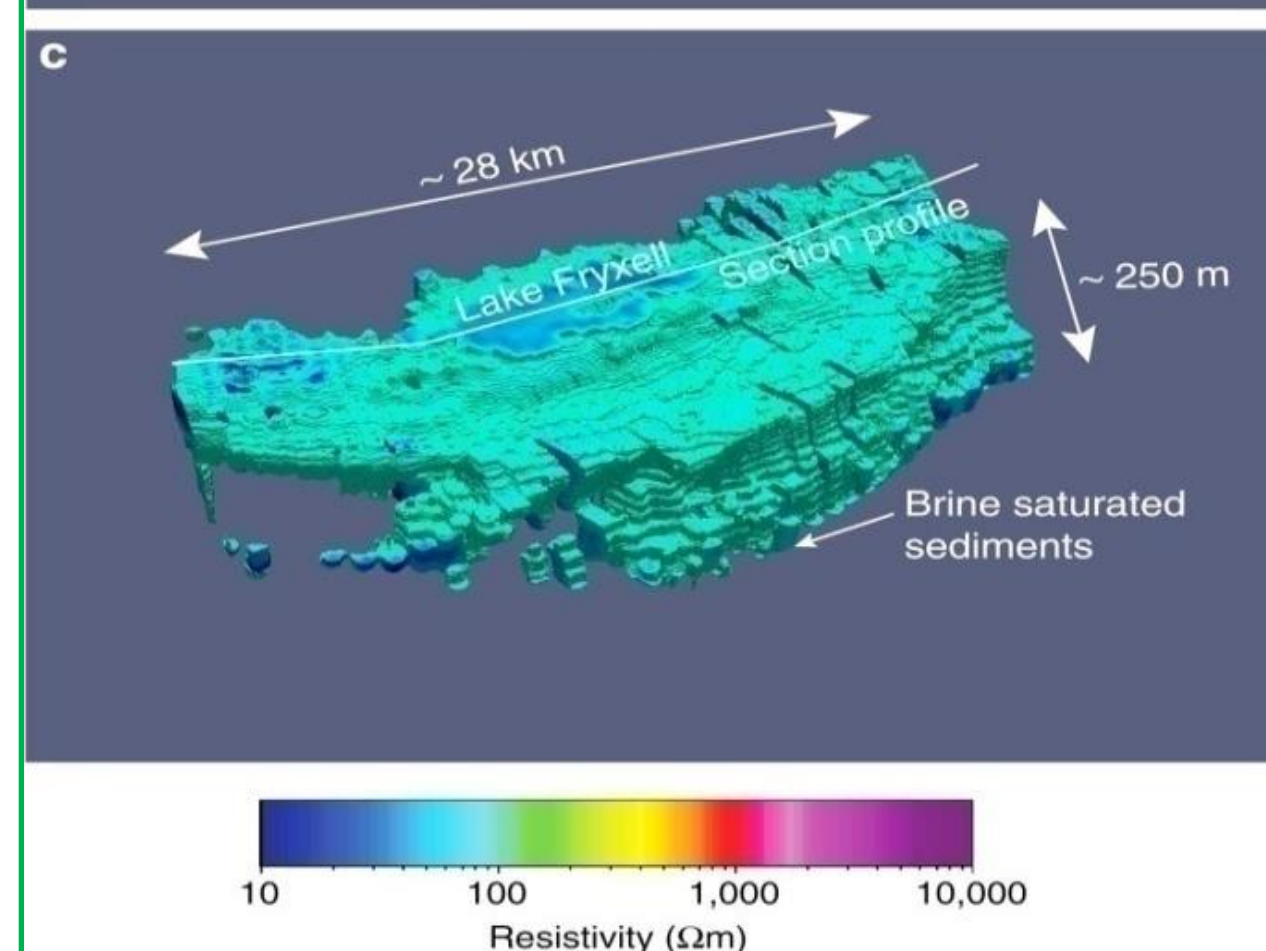
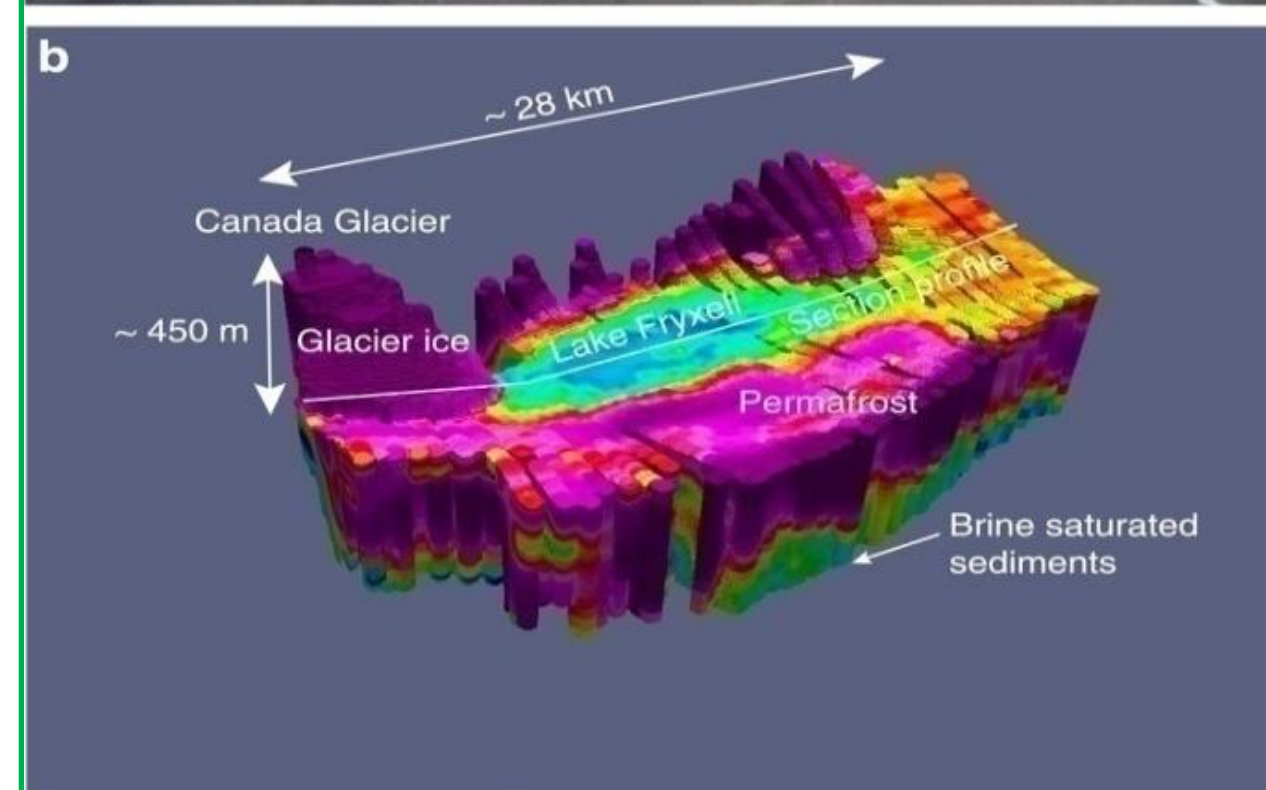


Ні система життєзабезпечення Biosphere-2, США (зліва), ні БІОС-3, СРСР (справа) не змогли функціонувати тривалий час



На Арктичній дослідній станції Flashline Mars працюють, зокрема, із кріогенними ґрунтами.

Внаслідок активної дегляціації (звільнення від сніжного і льодового покриву) вивільняються поверхні, які упродовж тисяч років були практично ізольовані від сучасної біосфери. У межах морської Антарктики такі роботи ведуться іспанським центром астробіології на острові Кінг Джордж. Без сумніву, їх доцільно розпочати і на станції Академік Вернадський.



Крім того, професор мікробіології Джил Мікуки з Техаського університету і професор геології Славек Тулажчик з Каліфорнійського університету вперше за допомогою аероелектромагнітної системи датчиків SkyTEM виявили, що солоні підземні води Антарктиди формують обширні водоносні горизонти під льодовиками, озерами, ґрунтами. Таке середовище, на їхню думку може бути аналогічним з умовами під поверхнею Марса або інших віддалених від Сонця планет і супутників. Науковці вважають, що життя на Марсі було зупинене через тектонічні зміщення континентальних плит, що може очікувати в майбутньому і нашу планету, оскільки прояви цих процесів на даний час спостерігаються саме в Антарктиці.



ЩО ДАЛІ?

1

Сучасні біогеохімічні дослідження переважно відбуваються на мікрорівні. За такого підходу можна не помітити макро- та мезо- потоки, як це було показано на прикладі перенесення біогенного карбонату кальцію з моря на суходіл. У майбутньому слід уважно переглянути наявну інформацію щодо регіональних біогеохімічних циклів, що можливо дозволить виявити й інші “приховані” потоки.

2

Рекомендувати Національному антарктичному центру України почати дослідження ґрунтів нещодавно звільнених від льодового покриву, як перспективних об’єктів у контексті космічного ґрунтознавства.

3

Створити систему біогеохімічного моніторингу регіону Аргентинських островів за аналогією із островами Принца Едварда та оцінити потоки і баланс основних біофільних елементів для кожного острова.