

ВІЧНИЙ РУХ КРИЖАНОГО КОНТИНЕНТУ...

Іван ПАРНІКОЗА

На цьому скельному островці в повній ізоляції в оточенні моря криги існує квіткова рослинність і перемагає у важкій боротьбі з кліматичними умовами країни льодовиків.

В. Шафер «Льодовикова епоха»

Символом південної півкулі є Південний Хрест – сузір'я, яке можна спостерігати лише тут. Побачити його в Антарктиці зовсім не просто, особливо в міжсезоння. Небо тут рідко буває зоряним, перешкоджають хмари. Але якщо вже видасться така ясна ніч, зорі будуть сяяти фантастично яскраво, і над розташованими над горизонтом двома яскравими зорями з сузір'я Центавра ви з легкістю відшукаєте символ південної півкулі. Спостерігаючи це сузір'я з палуби корабля, який прямує в бік протоки Дрейка, мимоволі приходить в голову, що це сузір'я так само світило тут і багато мільйонів років тому. Тоді під зоряним зводом розгорталися події, які породили сучасний білий континент і специфічний район навколо нього – Антарктику. Як народилася Антарктика і якою був її живий світ впродовж мільйонів років неухильного руху до царства вічного снігу?



Південний Хрест

Антарктичний материк складається з двох частин поділених лінією Транс-антарктичних гір: Східної та Західної Антарктики. Ці складові мають різну тектонічну природу та історію. Західна або «мала» Антарктида знаходиться повністю у західній півкулі і складається з Антарктичного півострова та численних островних архіпелагів, які розміщуються на молодих за

своїм тектонічним походженням блоках. Східна Антарктида розташована на платформі, до якої з заходу примикає рухомий пояс Трансантарктичних гір – продовження величюної гірської системи Кордильєр-Анд, яка протягнулася вздовж усієї Північної та Південної Америки. Гірські породи, що складають Східну Антарктиду мають вік 3 млрд. років (докембрій) і вважаються найстаршими на Землі. Так, найстарші скелі, знайдені на Землі Ендербі в Антарктиці мають вік 3,84 млрд. років. Західна Антарктида порівняно молода і має вік 700 млн. років.

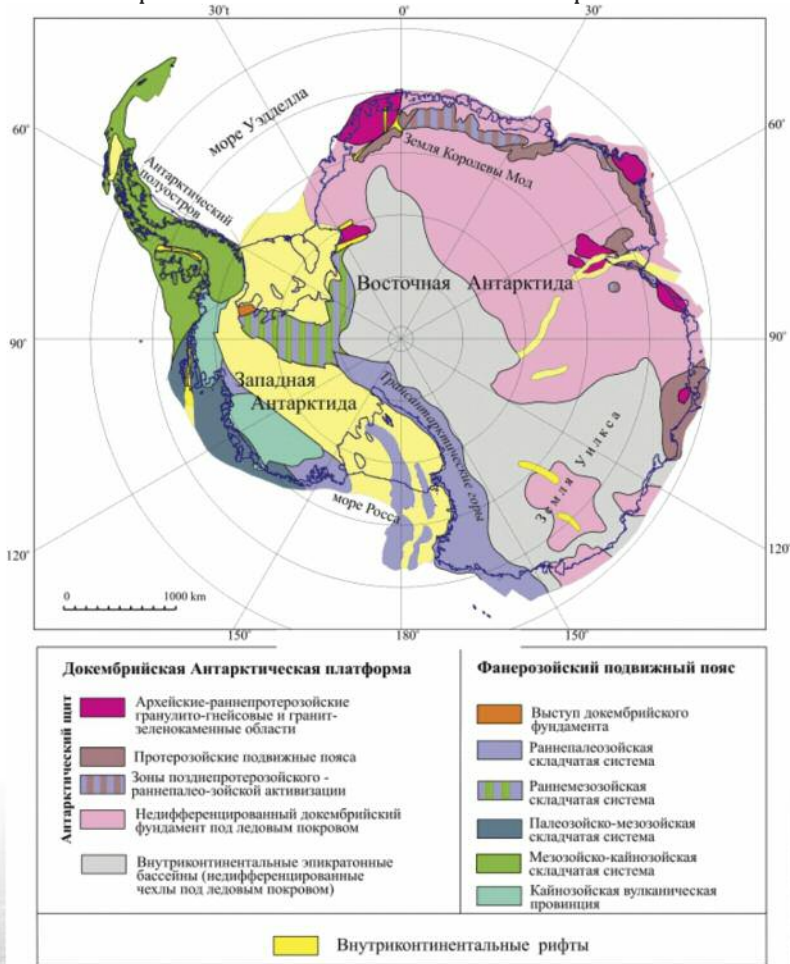


Схема геологической будови Антарктики

Щоб побачити Південний хрест в Антарктиді близько 600 млн. років тому не треба було б вирушати на крайній південь. Тоді Антарктика, як і всі інші континенти, входила до складу суперконтиненту Гондвана і розташовувалася біля екватора. При цьому Західна Антарктика частково знаходилася в Північній півкулі. Східна Антарктика знаходилася біля екватора, про що поміж іншим свідчать поклади трилобітів характерні для теплих морів. Клімат континенту був тоді рівномірно теплий. Із стартом девонського періоду - 416 млн. років, Гондвана змістилася в напрямку до південного полюсу і клімат став холоднішим, в цей час на континенті з'явилися перші наземні рослини. З кінця девону (360 млн. років), коли Гондвана розташовувалася біля Південного полюса розпочалося грандіозне зледеніння суперконтиненту. Проте його точний час впродовж верхнього палеозою дискутується. Різні дослідники наводять час від карбона до пермі.



Реконструкція Гондванського зледеніння в верхньому палеозої

Якою була флора Антарктики тоді? Вона нагадувала фауну тогочасної Австралії та Індії. В її складі не було рослин з великим розлогим листям, рідкісні папороті, майже немає плаунових, а ті, які були - мали досить тонкі стовбури. Закінчення зледеніння супроводжувалося відновленням вологого м'якого клімату, внаслідок чого по всій Гондвані поширилися ліси з деревовидної насінневої папороті глосоптеріса (Glossopteris). Спори цієї папороті не витримують перебування в морській воді, в той же час її листки були знайдені у вугіллі в різних частинах колишньої Гондвани, які наразі роз'єднані океанами. Листки глосоптеріса були знайдені в вугіллі Антарктики ще експедицією Р. Скотта. Таким чином ця рослина виступає маркером єдності тогочасної Гондвани.



Папороть глосоптеріс можна знайти на всіх фрагментах колишнього суперконтиненту Гондвана

Уявити собі як виглядали гондванські ліси з глосоптеріса, які займали площу в чотири рази більшу за сучасну долину Амазонки, дозволяє невеликий фрагмент збереженого лісу з деревовидних папоротей в австралійському Новому Південному Уельсі. Цікаво, що у гондванській деревині ми завжди бачимо виразні річні кільця.

Протягом пермського періоду, рослинність продовжує бути представлена видами роду глосоптеріс, які зростали на багнах. З часом саме ці болота перетворилися на поклади вугілля в Трансантарктичних горах. Це, в свою чергу, дозволило вивчити тогочасну флору. В кінці пермського періоду, триваюче потепління призвело до встановлення сухого клімату на більшій частині Гондвани. Ліси пермського часу (200 млн. років тому) населяли коловодні рептилії – лістрозаври (Lystrosaurus), знайдені в покладах біля льодовика Бердмана. Ці рептилії, що були розміром з собаку, вели життя подібно до сучасних гіпопотамів, але належали до звіроподібних ящерів. Їх знахідки зроблено в Африці та Індії, що також свідчить про єдність цих складових в складі тогочасної Гондвани.

В результаті прогресуючого потепління, полярні шапки розтанули і більша частина Гондвани набула вигляду пустелі. Разом з тим з покладів того часу в Східній Антарктиці відомі насінневі папороті.



Лістрозавр є керівною (тобто маркерною) копалиною для тріасових відкладів часів існування Гондвани

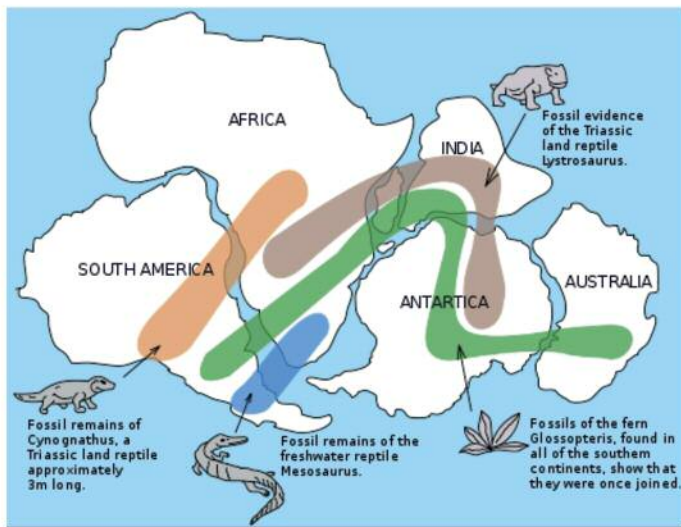


Схема Гондвани та її розпаду. Позначено організми, які свідчать про колишню єдність суперконтиненту

Антарктичний півострів до узбережжя, якого ми пливемо, розпочав своє утворення протягом юрського періоду - 206–146 млн. р. В цей час тривала вулканічна активність призвела до підняття значних площ суші. Фактично Західна Антарктика разом з сучасними островами Морської Антарктики являє собою великий архіпелаг, частина якого вкрита кригою. Починаючи з крейди, Західна Антарктика знаходиться в зоні формування андійських складчастих споруд внаслідок альпійського гороутворення.

В цей період тут розповсюджуються дерева роду гінго та цикадові. В Західній Антарктиці до початку крейди (146–66 млн. р) домінували ліси з хвойних голонасінних. В кінці ж крейди на перше місце вийшов вже знайомий нам південний бук (*Notophagus*). Імовірно, він поширився по континентальним мостам, які тоді існували в Антарктиці з сусідніми континентами, адже насіння цього дерева швидко гине в морській воді. В навколишніх морях звичайними були амоніти. На суходолі існували динозаври родів криолопхозавр, глаціалозавр, та анкілозаври.

В крейді 150 млн. р.т. розпочалося дроблення Гондвани: від'єднання Африки та Індії і утворення двох нових океанів призвело до того, що в Антарктиці встановився тропічний і субтропічний клімат. Вона заросла хвойними та широколистяними лісами так званого магеланового типу (140 млн. років тому) з заростями агатиса та травоїдними динозаврами – анкілозаврами. Залишки анкілозаврів та стовбурів агатисів знайдені на східній околиці Антарктичного півострова. Агатиси наразі збереглися також в Новій Каледонії та на островах південно-західної частини Тихого океану. В кінці крейди на антарктичному континенті, як і в Південній Америці та Австралії, найімовірніше існувала фауна сумчастих ссавців.

Цікаві дані отримані по викопним мохоподібним. У нас в Україні ми навіть не звертаємо уваги на якісь там мохи. Проте, наприклад для Південних Шетландських островів (*Snow Island*) та острова Олександра (*Alexandr Island*) часів крейдяного періоду відома специфічна флора печіночників. Вони зростали в прісних озерах



Кріолопхозавр

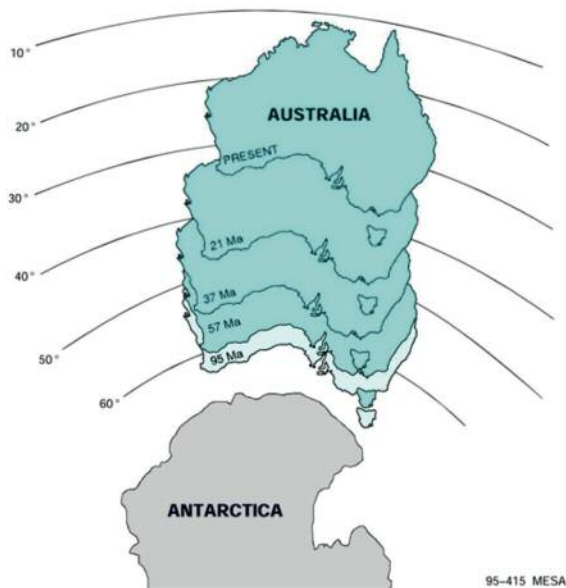


Схема від'єднання Австралії від Антарктиди

та багнистих теренах лісів з глосоптеріса пізнього палеозою, а потім в араукраєєвих лісах мезозою. Як мінімум 3 види відомі з плейстоцену. В Субантарктиці печіночники могли пережити зледеніння. Однак ми не знаємо, які види залишилися і по сьогодні в флорі Антарктики. Більшість сучасних видів вважається польодовиковими мігрантами.

Загалом сучасна подібність флори мохоподібних Антарктики південних закінчень Австралії, Південної Америки та Нової Зеландії може бути наслідком їх єдності з Антарктидою ще 65 млн. років тому.

Коли ж Антарктика остаточно стала крижаною? Зледеніння Антарктиди проходило якісь стадії та етапи в своєму розвитку від гірського до окремих льодовикових куполів, а потім до повного облєденіння континенту. При цьому в розвитку зледеніння були затримки, відступи та наступи крижаних мас. Окремі свердловини відкрили у морях, що оточують Антарктиду, айсбергові осадки, вік яких оцінюється в 50-55 млн. років. Саме в

цей час розпочалося зледеніння шостого континенту, яке на початку охопило лише гірські райони. При цьому язика льодовиків досягали моря, продукуючи велику кількість айсбергів. Вік цих подій співпадає з часом відділення від Антарктиди Австралії, яка почала рухатися на північ. Закінчилася тривала історія спільного існування цих двох континентів. Під час прогулянки по краю високого кліфу Великої Австралійської затоки на півдні цього континенту, важко повірити, що в крейдяному періоді звідси можна було легко перейти в Антарктиду. Тепер поміж обома континентами Тасманове море.

З поступовим рухом Австралії на північ потоку між нею та Антарктидою поглиблювалася та розширювалася. 30-40 млн. р. тому це дозволило двом круговим течіям в Індійському та Тихому океанах зімкнутися, утворивши квазіколову антарктичну течію. Вона починалася як тепла в Атлантичному океані біля Південної Америки. Рухаючись за годинниковою стрілкою, течія огинала Антарктиду, знову досягаючи Південної Америки, але вже біля Тихоокеанського узбережжя. Саме в цей час відбувалося похолодання приантарктичних вод, що виявлено за результатом аналізу донних осадів.



Гори Гамбурцева – місце де, як припускають, почалося сучасне зледеніння Антарктики

Під впливом даної течії в Східній Антарктиці в горах Гамбурцева в цей час починає формуватися льодовиковий купол. Тут зникають ліси, а в морі з'являється морська крига, а південнополярний суходіл все на довший час вкриває сніг. Починає працювати «південний холодильник», який створює добрі умови для розвитку зледеніння.

Від'єднання ж Антарктиди від Південної Америки не було миттєвим процесом. Одна з найбільших таємниць Антарктиди – свідчення її народження як окремого континенту заховане на дні Моря Скоша, над яким ми щойно пройшли. Це підводний суходіл – т.з. Дуга Скоша, названа на честь дослідницького судна «Скотія» В. Брюса і експедиції 1903-1903 рр. Дуга ця складається з трьох частин – Південного та Північного хребтів Скоша та дуги Сандвичевих островів. Вивчення дуги Скоша постачає нові факти до дискусії про час відкриття протоки Дрейка. Адже Скошія – це ніщо інше, як континентальний міст, що сполучав Південну Америку та Антарктику. Низка процесів пов'язаних з розходженням Патагонії та Західної Антарктики та процеси розтягнення в самій дузі, призвели до руйнування цього мосту. Дослідження в центральній частині моря Скоша виявили релікти колишньої землі Палео-Скоша, які являють собою рештки континентального мосту. Банки Пірі, Брюса та Дискавері – це колишні мікроконтиненти, на які початково розпалася дуга. В еоцені вони ще були підняті над водами.

Найтепліший клімат на планеті за останні 65 мільйонів років спостерігався в епоху раннього еоцену (біля 55 - 48 млн. р. т.). Позначилося це і на Антарктиці, де в цей час існували біоми помірних лісів з споровими рослинами характерними для вимерлих флор Австралії, Нової Каледонії, Нової Гвінеї та Нової Зеландії. В цей час були широко поширені такі рослини як південний бук, араукарієві, протееві, а також рід дерев-реліктів Гондвани - подокарп. В той же час рослини помірних та високих широт стійкі до морозів повністю відсутні.



*Ліси Вогняної Землі з південного бука.
Аналогічні існували і в Прибережній
Антарктиці*

Наразі рід південний бук це збірна група з дуже близьких видів, які зростають в південній півкулі: Австралії, Новій Зеландії та Південній Америці. Викопні рештки цього таксону знайдені також в Антарктиці. Цікаво, що це дерево має насіння, яке гине при короткому перебуванні в солоній воді, але при цьому зустрічається на розмежованих значними просторами океану континентах та островах.



До міоцену Антарктика виглядала приблизно так як зараз виглядає Патагонія. А скелясті піки часів андського гороутворення в обох регіонах такі схожі

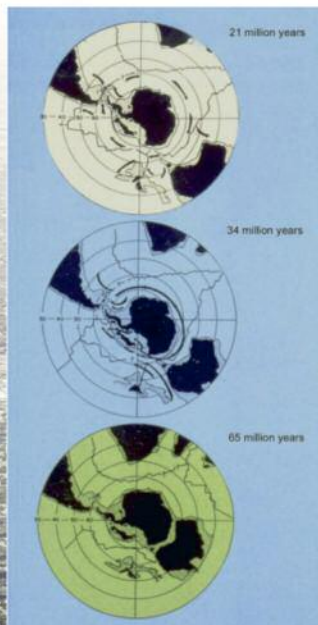
Доміоценовій рослинності Антарктики ймовірно найближче відповідає рослинність сучасної південної Патагонії та Вогняної Землі. Цікаво, що тут ми можемо відшукати присутні і наразі у флорі Антарктики лишайники роду уснея, які тут були поширені на деревах, а також невеликі мохові куртини зозулиного льону, який наразі в Антарктиці утворює великі мохові поля. Випадання більшості видів квіткових рослин, створило виняткові можливості для експансії цих груп невибагливих організмів.

Приблизно 23 млн. років тому Антарктида остаточно роз'єднується з Південною Амери-

кою, а Антарктична течія стає коловою, що ізолювало і охолодило Антарктику. Велична Антарктична циркумпольна течія (Antarctic Circumpolar Current, ACC), включає в свій рух усю товщу води від поверхні до дна. Ця велетенська річка в океані проносить в секунду 120 млн/м³ води, що в 10 тис. раз більше водності усіх річок земної кулі. Розростання льодовикових куполів в горах Гамбурцева та утворення циркумпольної течії співпадає з масовим накопиченням айсбергових відкладень, яке розпочалося 25-30 млн. років тому.

Відкриття протоки Дрейка відбулося від 49 до 17 млн. років тому. Розвиток протоки відбувався повільно. Невеликі басейни відкрилися в еоцені. Занурення мосту Скотії почалося в олігоцені – ранньому міоцені (22-20 млн. років тому). З цього моменту спочатку мілководдям, а потім більш широким руслом проривається циркумпольна течія. Якщо в олігоцені в умовах помірного клімату ліси ще вкривали Антарктику, то в міоцені (23-12 млн. років тому) більша частина континенту вже була вкрита кригою. Тутешні ліси змінилися на тундри, які вкривали прибережні вологіші ділянки континенту. Адаптовані до холодів групи організмів могли виживати на приморських рівнинах і в пліоцені. Угруповання місцевої тундри складалася як мінімум з 18 видів, які описані з формації Меєра в Трансантарктичних горах в 500 км від південного полюса. Вископні

Часові стадії утворення протоки Дрейка



рештки рослин включають пилокві зерна, насіння, плоди, квітки та листки. Тут ми можемо відшукати вже знайомий нам південний бук (у формі чагарника), а також низку представників інших родин рослин

Тогочасна флора включала також деякі види мохів та печіночників. Ці рослини утворювали угруповання слаборозвинених ґрунтів прильодовикових ландшафтів. Це були морени, зони дренавання льодовикових вод та погано дренавані депресії, де відкладався торф. Загалом тутешні краєвиди в цей час нагадували сучасні пейзажі субантарктичного острова Південна Джорджія.

Як ми вже зазначали, утворення протоки Дрейка призвело до формування в пліоцені (близько 20 млн. років тому) берегової течії у континенту та Циркумполярної течії навколо нього. Це призвело до ізоляції Антарктиди та її прогресуючого охолодження та зледеніння. Під впливом ізоляції похолодання стрімко змінювало тутешні ландшафти. На основі знахідок в районі Групи Сіруса (Sirius group, Dominion Range) отримано відомості, що ще 3–4 мільйони років тому теплі періоди в Антарктиці дозволяли існувати навіть південному буку (у формі чагарника). Але найважче було попереду. Адже вважається, що плейстоценовий максимум зледеніння вигубив усю автохтонну флору та наземну фауну континенту. Це могло відбутися внаслідок розвитку величезних шельфових льодовиків, які вкрили острова Субантарктики та Морської Антарктики в плейстоцені. Так вважається що і Південна Георгія була вкрита льодовиком який сягав на 60 км в море.

Проте існують дослідження, які показують, що частина біоти могла пережити цей найбільший пік зледеніння. При цьому найчастіше вказується на існування територій, які в силу своїх ландшафтних особливостей зледеніння не зазнавали.

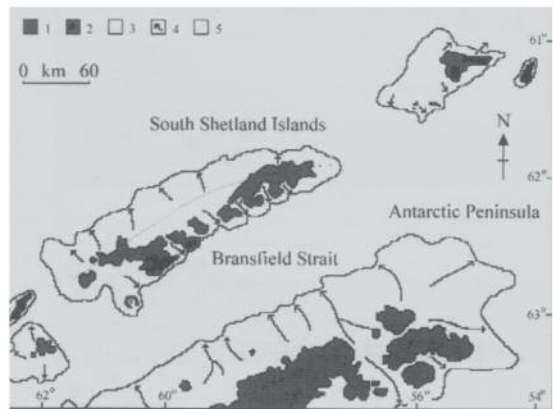


Схема зледеніння північної частини Антарктичного півострова та Південних Шетландських островів у плейстоцені

Це зокрема територія оази Поїнт Томаса, де зараз знаходиться польська антарктична станція Арцтовський на острові Короля Георга (Південні Шетландські острови), яка характеризується високим біорізноманіттям в порівнянні до інших ділянок Морської Антарктики.

Як міг виглядати район Аргентинських островів в плейстоцені? Над шельфовим льодовиком вивищувалися стрімкі прибережні скелі Антарктичного півострова, тоді як окремі острови були вкриті льодовиковими покривами. Верхівки цих скель звернені до півночі, могли підтримувати життя. Так як зараз воно існує на піднесених над льодовиком північних схилах гори Едже (Edge Hill) мисів Расмусен (Rasmussen), Туксен (Tuxen), Перес (Perez), мисі біля гори Вуг (Waugh) та ін.

Які ж організми могли вижити тут? Ендемічні види мохів Антарктики перші кандидати на виживання в плейстоцені. Втім

флора мохоподібних Антарктики загалом має дуже низький рівень ендемізму. Так серед печіночників взагалі немає ендеміків, проте тут аж 101 ендемічний вид лишайників.

А якою є історія аборигенних квіткових рослин Антарктики? Обидва тутешні види: щучник та перлинниця поширені також в Південній Америці та Субантарктиці. В умовах Вогняної Землі щучник антарктичний зростає в приліторальній зоні на прибережному камінні та скелях на межі лісу з південного бука. Імовірно так само на обмежених площах щучник до міоцену зростав і в Антарктиці. У зв'язку з випаданням більшої частини вихідної флори протягом плейстоценового максимуму зледеніння, він, подібно до мохоподібних та лишайників міг отримати виняткові можливості для розселення.

Вивчення пилку в товщах мохових куртин на острові Короля Георга (Південні Шетландські острови) дозволяє сказати про наявність сучасних квіткових рослин в Антарктиці не пізніше 4090 + 90 р. до н. е. Проте чи могли ці рослини пережити плейстоценове зледеніння в регіоні? Чи були занесені з Південної Америки та Субантарктики вже після плейстоцену? Нами висловлено припущення, що завдяки вироб-



На Вогняній Землі щучник антарктичний росте на прибережних скелях та пляжах між літораллю та краєм лісу з південного буку

ленню ефективних адаптивних стратегій: створення значного насінневого банку, розносу домініканськими мартинами та іншими птахами в якості гніздового матеріалу, а також утворенню мікориз та можливо інших зв'язків з ендосимбіонтами, дані рослини в деяких частинах Морської Антарктики та Субантарктиці могли пережити зледеніння в невеликих прибережних вільних від льоду територіях, які вивищувалися над шельфовими льодовиками.

Що стосується архіпелагу Аргентинських островів, то льодовики, які залягають на їх вершинах з південного боку, займають загалом близько 50 % їх території. Вчені вважають ці льодовики залишками колишнього шельфового льодовика, який під час останнього льодовикового максимуму (в плейстоцені) висувався від узбережжя Антарктичного півострова в океан. Висота найвищого з Аргентинських островів усього 65 м.н.р.м. Отже ці острови, імовірно, були повністю покриті льодовиками. Зважаючи на це то усі типи тутешньої рослинності, зокрема популяції щучника та перлинниці, мають напевне постплейстоценове походження. За допомогою птахів, які використовують тутешні мохи та траву щучника в якості гніздового матеріалу, рослини могли бути занесені на ці острови після їх дегляціації. Проте звідки? В цьому і полягає найбільша загадка. Розгадку імовірно дає вивчення прибережних мисів Антарктичного півострова в цьому районі, які вивищуються значно більше ніж острови, а отже могли височіти над шельфовим

льодовиком. Саме тут щучник антарктичний зустрічається набагато більшими популяціями. Подібна картина спостерігається на великих островах архіпелагу Барселот. Подекуди тут разом з щучником виявлена і перлинниця. Місцезростання судинних рослин тут нагадують подібні в розташовані набагато північніше в оазі Поїнт Томаса (район станції Арцтовський).

Чи могли рослини в прибережних оазах Антарктичного півострова пережити плейстоценове зледеніння, а потім дати початок новим популяціям на островах? Питання впирається в історію зледеніння регіону. Адже питання висоти чи навіть самої наявності шельфового льодовика тут, а також його сезонна динаміка в часи плейстоцену залишаються малодослідженими.

Що ж в природній історії Антарктиди ще багато не зрозумілого, багато не з'ясованого. Адже більша частина не тільки континенту, але й Антарктичного півострова все ще не доступна для регулярного вивчення.



Але і цього короткого огляду достатньо, щоб зрозуміти, Антарктичний континент пережив чи не найдраматичнішу з усіх історію становлення ще до того як перші вітрильники досягнули його берегів.

Висловлюю подяку Національному антарктичному науковому центру МОН України, колективу 18 та 20 і українських антарктичних експедицій.

Учасник 18-ї та 20 –ї УАЕ, с.н.с. відділу генетики клітинних популяцій ІМБіГ НАН України, к.б.н.

Парнікоза І. Ю.

