

**ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ГЕОГРАФІЮ
ПРОВЕДЕННЯ ЗИМОВИХ ОЛІМПІЙСЬКИХ ІГОР
(ІСТОРИЧНИЙ АНАЛІЗ 1924–2022).**

Тернопільський національний педагогічний університет ім.
В.Гнатюка

Annotation. *The article examines the historical transformation of the Winter Olympic Games (WOG) in the context of global climate change between 1924 and 2022. The author analyses the transition from 'meteorological fatalism' (dependence on natural cycles) to the modern concept of 'technogenic autonomy,' where the sporting environment is created entirely artificially. The key stages of the introduction of artificial snowmaking systems, ice conservation and chemical treatment of tracks are highlighted. Based on the predictive models of the University of Waterloo, a conclusion is made about a radical narrowing of the geography of future Games and the potential loss of climatic suitability of most traditional Alpine resorts by 2080.*

Keywords

Winter Olympic Games, climate change, cryosphere, artificial snowmaking, global warming, sports geography, meteorological risks, sustainable development, Beijing 2022, climate modelling.

Актуальність теми дослідження. На відміну від літніх видів спорту, зимові дисципліни мають жорстку прив'язку до вузького температурного діапазону та стану кріосфери (наявності снігу та льоду). Це створює «точку відмови»: за позитивних температур проведення змагань стає фізично неможливим. В умовах антропогенного потепління клімат перетворився з прогнозованої константи на стохастичну змінну, що загрожує самому існуванню ЗОІ. Проблема полягає у конфлікті між традиційною географією олімпійського руху (Альпи, Карпати, низькогір'я) та новою термічною реальністю, яка змушує організаторів вдаватися до екологічно витратних технологій [1-4].

Мета дослідження: здійснити ретроспективний аналіз впливу кліматичних факторів на еволюцію Зимових

Олімпійських ігор з 1924 по 2022 роки, виявити закономірності трансформації стратегій адаптації організаторів (від пасивних до високотехнологічних) та спрогнозувати зміни в географії проведення Ігор у майбутньому.

Для досягнення мети було використано комплекс наукових **методів:**

Історико-хронологічний метод: для виділення етапів розвитку ЗОІ у зв'язку зі зміною кліматичних умов.

Ретроспективний аналіз: вивчення конкретних кейсів (Шамоні-1924, Лейк-Плесід-1932, Інсбрук-1964 тощо) як прикладів боротьби з погодними аномаліями.

Порівняльний аналіз: зіставлення «натуральної моделі» Ігор минулого століття з «техногенною моделлю» початку ХХІ століття (Пекін-2022).

Системний підхід: аналіз взаємозв'язку між географією, технологіями, фінансами та екологічною стійкістю спортивних заходів.

Результати дослідження та їх обговорення;

Зимові Олімпійські ігри (ЗОІ) являють собою унікальний феномен у системі світового спорту, що характеризується критичною залежністю від стану навколишнього середовища. На відміну від Літніх ігор, де більшість дисциплін (легка атлетика, водні види, ігрові види) проводяться у стандартизованих умовах, які легко відтворити в широкому діапазоні географічних широт, зимові дисципліни жорстко прив'язані до специфічних термодинамічних параметрів.

Фундаментальною основою проведення ЗОІ є наявність кріосфери — снігового покриву та льоду. Ця залежність створює так звану «точку відмови» (single point of failure): якщо температурні показники перевищують порогові значення (зазвичай 0°C — +5°C для снігових дисциплін), проведення змагань стає неможливим навіть за наявності найсучаснішої інфраструктури.

Літні Олімпіади мають високий рівень адаптивності: спеку можна компенсувати зміщенням часу стартів, кондиціонуванням арен тощо. Зимові ж ігри стикаються з фізичною неможливістю існування спортивного субстрату (снігу/льоду) в умовах позитивних температур. Таким чином, клімат виступає не просто фоновим фактором, а базовою операційною умовою, порушення якої ставить під загрозу саму сутність змагань. Вплив глобальних кліматичних змін перетворює метеорологічні

умови з прогнозованої константи на стохастичну змінну з високим ступенем невизначеності [3-7]..

Аналіз історії зимового олімпійського руху демонструє радикальний парадигмальний зсув у підходах до вибору міст-господарів, зумовлений антропогенним потеплінням.

На етапі зародження Олімпійського руху (Шамоні-1924, Санкт-Моріц-1928, Лейк-Плесід-1932) кліматичний фактор сприймався як аксіома. Наявність снігу та стабільних мінусових температур у лютому в гірських регіонах Європи та Північної Америки була гарантована природними циклами. Основним лімітуючим фактором (критерієм відбору) виступала логістична та інфраструктурна спроможність: наявність готелів, залізничного сполучення, льодових палаців та трамплінів. МОК обирав серед тих, хто міг *організувати* Ігри, не переймаючись тим, чи дозволить *природа* їх провести. Сучасний стан (2000–2020-ті рр.): У ХХІ столітті спостерігається драматичне звуження географії потенційних столиць ЗОІ. Глобальне підвищення середньорічних температур призвело до зміщення ізотерм та скорочення тривалості залягання снігового покриву в традиційних центрах зимового спорту (Альпи, Піренеї, Карпати).

Критерій «інфраструктура» відійшов на другий план, поступившись місцем критерію «кліматичної надійності» (climate reliability). Сучасний процес біддінгу (подачі заявок) фактично перетворився на пошук регіонів, здатних гарантувати не так природний сніг, як достатньо низькі температури для ефективної роботи систем штучного снігоутворення (snowmaking capabilities).

Це призводить до парадоксальної ситуації: міста з багатою історією зимового спорту (наприклад, Осло, Мюнхен чи Гренобль) стають ризикованими локаціями через часті відлиги, тоді як перевага надається регіонам з континентальним, холодним, але посушливим кліматом (Пекін-2022), де сніг є повністю техногенним продуктом. Географічна мапа Олімпіад вимушено трансформується, зміщуючись у вищі широти або на більші висоти, що є прямою відповіддю на виклики кліматичної кризи.

Ретроспективний аналіз (1924–1960), цей історичний період можна охарактеризувати як епоху «метеорологічного фаталізму». Організатори змагань розглядали погодні умови як зовнішню, неконтрольовану змінну. Успіх проведення Ігор

залежав виключно від природних циклів, а стратегія підготовки базувалася на пасивній адаптації (вибір дати та місця) без застосування технологій модифікації навколишнього середовища.

І Зимові Олімпійські ігри в Шамоні (1924): Феномен погодної стохастичності. Шамоні-1924 стало хрестоматійним прикладом вразливості зимового спорту перед температурними коливаннями навіть в умовах клімату початку ХХ століття. Змагання проводилися виключно на відкритому просторі (open-air venues). Це стосувалося не лише лижних гонок, а й фігурного катання та хокею. За кілька тижнів до відкриття у французьких Альпах випало майже півтора метра снігу, що гарантувало проведення лижних дисциплін. Проте безпосередньо перед церемонією відкриття сталася різка відлига, що супроводжувалася сильними дощами. Головна ковзанка перетворилася на озеро.

Лише різке зниження температури (заморозки) в ніч перед змаганнями врятувало подію. Цей випадок демонструє, що навіть у так званий «холодний період» кліматичної історії (до дочатку інтенсивного антропогенного потепління) погодна варіабельність становила критичний ризик. Організатори не мали жодних планів «Б» (штучного охолодження чи накриття), покладаючись виключно на стохастичну природу погоди [1,3,7,8].

Ігри 1932 року в США стали поворотним моментом в історії спортивної кліматології, вперше продемонструвавши недостатність природних ресурсів навіть у традиційно зимових регіонах. Зима 1932 року на Східному узбережжі США видалася аномально теплою та безсніжною. Це був перший системний збій «натуральної моделі». Організаційний комітет був змушений вдатися до безпрецедентних на той час заходів — імпорту кріосфери. Сніг завантажували у товарні потяги в Канаді та доставляли до місця змагань за сотні кілометрів.

Ця подія є прообразом сучасних проблем, проте з важливою відмінністю. Якщо у 1932 році завезення снігу розглядалося як форс-мажорна, екстрена міра для порятунку події, то у ХХІ столітті (Ванкувер-2010) заготівля та транспортування снігу стали плановою частиною операційного бюджету. Лейк-Плесід-1932 довів, що географічне розташування більше не є абсолютною гарантією наявності снігового покриву.

VIII Зимові Олімпійські ігри стали кульмінацією та водночас завершенням ери, коли людина намагалася підлаштуватися під природу, а не підкорити її.

Вибір Скво-Веллі (Каліфорнія) був ризикованим через специфіку високогірного клімату, де можливі як потужні снігопади, так і різкі потепління.

Хоча у Скво-Веллі вперше було використано штучний лід для ковзанярських дисциплін (що стало першим кроком до відходу від натуральності), лижні траси все ще залежали від небесної канцелярії [1-4].

Скво-Веллі-1960 маркує кінець епохи, коли невизначеність погодних умов вважалася прийнятною складовою спортивної драми. Починаючи з 1960-х років, зі зростанням ролі телебачення та комерціалізації спорту, МОК більше не міг дозволити собі ризик скасування трансляцій через відсутність снігу. Це створило попит на технології гарантованого снігозабезпечення, які будуть масово впроваджені вже на наступних іграх в Інсбруку.

Період 1924–1960 рр. характеризується домінуванням природних факторів над технологічними. Кліматичні ризики вже тоді були очевидними (Лейк-Плесід), проте людство ще не володіло інструментами для глобальної корекції умов проведення змагань, обмежуючись локальними логістичними рішеннями.

Інсбрук-1964 та початок технологічної революції. Цей етап в історії олімпійського руху можна визначити як «кризу довіри до природи». Якщо попередні випадки безсніжжя сприймалися як прикрі випадковості, то події середини 1960-х — початку 1980-х років змусили МОК та організаторів докорінно переглянути філософію підготовки спортивної інфраструктури. Відбувся перехід від адаптивної стратегії до стратегії активної модифікації середовища.

IX Зимові Олімпійські ігри в Австрії увійшли в історію як приклад безпрецедентної мобілізації людських ресурсів для протидії кліматичній аномалії. Альпи, які традиційно вважалися гарантом сніжного покриву, у січні 1964 року зіткнулися з катастрофічним дефіцитом опадів. Ситуація ускладнювалася температурною інверсією. Не маючи технологій генерації снігу, оргкомітет вдався до «грубої сили». Було задіяно підрозділи Австрійської армії.

Солдати вручну вирізали 20 000 крижаних блоків з високогірних льодовиків для облаштування санно-бобслейних трас. Було переміщено понад 40 000 кубометрів снігу (приблизно 2000 вантажівок), який солдати втопували ногами та лижами, формуючи подушку для гірськолижних спусків [3-6].

Таким чином, Інсбрук-1964 довів вразливість навіть найбільш «зимових» локацій. Цей прецедент продемонстрував, що *логістичне вирішення* проблеми (перевезення снігу) є економічно неефективним та організаційно надскладним. Стало очевидним, що для подальшого розвитку Ігор необхідне технологічне, а не фізичне вирішення проблеми.

XIII Зимові ігри в США стали історичним рубежем, що розділив історію Олімпіад на «до» і «після». Саме тут людство вперше офіційно заявило про свою здатність замінити природний ресурс штучним аналогом у промислових масштабах. Вперше в історії Олімпійських ігор системи штучного засніження (снігові гармати) були використані не як експеримент, а як базовий елемент інфраструктури. Організатори застосували обладнання компанії *Leneur* (пізніше поглинута іншими гігантами індустрії), щоб покрити траси технічним снігом. Штучний сніг (який фактично є дрібними крижаними гранулами, що мають вищу щільність — 400-500 кг/м³, на відміну від природного снігу — 100-200 кг/м³) змінив швидкісні характеристики трас. Спорт став швидшим, жорсткішим і травмонебезпечнішим, але незалежним від опадів.

Використання снігових гармат у Лейк-Плесіді створило ілюзію «кліматостійкості» (climate-proofing). Це дало хибний сигнал МОК, що Ігри можна проводити в регіонах з нестабільним кліматом, за умови наявності достатніх водних ресурсів та енергетичних потужностей для генерації снігу.

Події 1964 та 1980 років стали фундаментом сучасної парадигми проведення Зимових ігор. Інсбрук показав межу можливостей людини у боротьбі з природою «голіруч», а Лейк-Плесід запропонував технологічний «милицю», на яку олімпійський рух спирається донині, ігноруючи погіршення глобальних кліматичних показників.

Період кінця XX — початку XXI століття ознаменувався появою нового терміну в спортивній кліматології — «теплі ігри». Якщо раніше основною проблемою був дефіцит снігу (гігрометричний фактор), то в цю епоху головним ворогом стала

термічна аномалія (температурний фактор). Глобальне потепління почало проявлятися через екстремальні погодні явища, які ставили під сумнів доцільність проведення змагань у традиційних локаціях.

XV Зимові Олімпійські ігри в Канаді стали першим чітким сигналом того, що навіть північні широти не гарантують термічної стабільності в умовах змінюваного клімату. Калгарі розташоване в зоні дії специфічних вітрів «шинук» (фени), які здатні різко підвищувати температуру повітря. Під час Ігор температура стрибала від -30°C до $+17^{\circ}\text{C}$. Екстремальне потепління перетворило лижні траси на сльоту, а бобслейний жолоб почав танути. Це призвело до безпрецедентного кроку: організатори були змушені використовувати пісок, щоб штучно сповільнити лід, який ставав надто слизьким і небезпечним через водяну плівку [1,5].

Калгарі-1988 довело, що орієнтація лише на географічну широту є помилковою. Необхідно враховувати локальні мікрокліматичні особливості (local microclimate variabilities), які через глобальні зміни клімату стають більш агресивними та непередбачуваними.

Ігри у Ванкувері отримали неофіційний статус «найтепліших в історії», ставши ілюстрацією безпорадності традиційних підходів перед лицем океанічних кліматичних циклів. Вплив теплої течії Ель-Ніньйо призвів до того, що на горі Сайпрес (місце проведення змагань з фрістайлу та сноубордингу) сніговий покрив був критично малим або відсутнім. Оргкомітет реалізував масштабну логістичну операцію, яка не мала аналогів. Сніг транспортували гелікоптерами та колонами вантажівок з вищих точок гір (за 250 км). Щоб зберегти залишки снігу при позитивних температурах ($+10^{\circ}\text{C}$ і вище), під траси закладали тюки з соломкою (як ізолятор), а поверхню обробляли хімічними реагентами (сечовина, аміачна селітра) для штучного затвердіння та підвищення точки танення ("salting the course").

Ванкувер продемонстрував, що спортивна подія такого масштабу перетворилася на боротьбу інженерії з термодинамікою, де екологічна складова відходить на другий план заради телевізійної картинки.

Період 1988–2014 років змінив парадигму з «пошуку снігу» на «збереження снігу». Технології консервації (Snow Storage) та хімічної обробки трас дозволили проводити змагання навіть

у субтропіках, проте це поставило під сумнів екологічну етику та сталий розвиток (sustainability) олімпійського руху.

XXIV Зимові Олімпійські ігри в Пекіні стали точкою сингулярності в історії спортивної кліматології. Якщо попередні ігри (Ванкувер, Пхьончхан) використовували технології для *підстраховки* або *доповнення* природних умов, то Пекін-2022 вперше в історії повністю замінив природний компонент штучним аналогом. Це знаменує перехід від концепції «адаптації до клімату» до концепції «повної автономії від природи».

Пекін-2022 увійшов в історію як перша Олімпіада, що на 100% залежала від штучного снігу. Змагання проводилися в зонах Яньцин та Чжанцзякоу. Ці регіони кліматично класифікується як напівпосушливі (семиаридні). Хоча температура там стабільно низька (часто -10°C і нижче), природних опадів взимку критично мало через вплив Сибірського антициклону. Супутникові знімки та телевізійні трансляції фіксували сюрреалістичну картину: ідеально білі смуги снігових трас, прокладені серед абсолютно сухих, бурих гірських ландшафтів, позбавлених будь-якого природного снігового покриву.

Це перетворило Олімпійські ігри на симулякр зимового середовища. Спортивний простір був створений не природою, а виключно інженерними рішеннями, що фактично нівелювало поняття «зимового курорту» у класичному розумінні [4-8].

Техногенний успіх Пекіна мав колосальну екологічну вартість, що вступає в прямий конфлікт із декларованими цілями сталого розвитку МОК.

Регіон проведення ігор і без того страждає від хронічної нестачі води. Для генерації необхідного обсягу снігу (понад 1.2 млн кубометрів) було використано, за різними оцінками, від 185 до 200 мільйонів літрів води.

Щоб забезпечити снігові гармати ресурсом, була побудована складна система трубопроводів та насосних станцій, що перекачували воду з віддалених водосховищ, потенційно виснажуючи запаси, необхідні для місцевого сільського господарства та населення.

Процес перетворення води на сніг, її транспортування на схили та подальший догляд (ретраки) вимагав величезних енерговитрат, що, попри заяви про «зелену енергію», створює значне навантаження на екосистему.

Пекінський прецедент остаточно сформулював нову парадигму вибору міст-господарів, яка, ймовірно, домінуватиме в майбутньому.

Відбулося остаточне роз'єднання понять «зима» (як природне явище з опадами) та «зимовий спорт». Наявність атмосферних опадів більше не є критерієм відбору. Регіон повинен гарантувати стабільні мінусові температури (щоб штучний сніг не танув). Країна-господар повинна мати фінансовий та технологічний ресурс для створення зими «з нуля» (water-energy nexus). Це відкриває шлях для проведення Зимових ігор у нетрадиційних регіонах (наприклад, пустельні високогір'я), але закриває двері для класичних альпійських курортів, які страждають від дощів та плюсових температур.

Для об'єктивної оцінки перспектив зимового олімпійського руху необхідно звернутися до кількісних моделей. Найбільш авторитетним джерелом у цій сфері є група кліматичних досліджень спорту Університету Ватерлоо (Канада) під керівництвом професора Деніела Скотта (Daniel Scott). Їхні ретроспективні та прогностичні моделі демонструють тривожну динаміку термічної деградації олімпійських локацій [1-5].

Аналіз кліматичних архівів міст, що приймали Олімпіади з 1924 року, виявляє чіткий тренд до потепління, який має не лінійний, а експоненціальний характер.

- Період стабільності (1920–1950): Середня денна температура в лютому в містах-господарях становила +0.4°C. Це були умови "справжньої зими".
- Період потепління (1960–1990): Показник зріс до +3.1°C, що вже вимагало часткового втручання (Лейк-Плесід, Сараєво).
- Період кризи (XXI століття): Середня температура досягла +6.3°C. Такий стрибок унеможлиблює збереження снігового покриву без масованої штучної підтримки.

Дослідження Скотта моделює майбутнє 21 міста, які раніше приймали Ігри, за двома сценаріями викидів парникових газів (RCP 2.6 — дотримання Паризької угоди, та RCP 8.5 — високий рівень викидів).

«Шокуючий висновок» 2080 року: За умови збереження високих темпів глобальних викидів (scenario high-emission), до 2080 року кліматична придатність більшості легендарних столиць зимового спорту буде втрачена.

Зона ризику: Такі міста, як Шамоні (Франція), Гренобль (Франція), Гармш-Партенкірхен (Німеччина), стануть "кліматично ненадійними" (climatically unreliable). Ризик скасування змагань через відлига там перевищить 50%.

Останній герой»: Згідно з моделюванням, лише одне місто з попередніх господарів — Саппоро (Японія) — збереже достатній запас холоду для надійного проведення Ігор наприкінці століття. Навіть такі холодні локації, як Осло чи Ліллекхаммер, опиняться у "сірій зоні".

Проведений історичний та кліматичний аналіз дозволяє сформулювати три ключові тенденції, що визначатимуть майбутнє Зимових Олімпійських ігор. Олімпійська географія зазнає незворотних змін. Традиційний "Альпійський вісь" (Центральна Європа) втрачає свою актуальність.

Ігри мігруватимуть у двох напрямках:

1. Вищі широти: Ближче до полярного кола.
2. Сухі холодні зони: Регіони на кшталт Північного Китаю або внутрішніх районів Центральної Азії, де відсутні опади, але зберігаються низькі температури, що ідеально підходить для 100% штучного засніження.

Це означає відмову від мальовничих, але теплих європейських курортів на користь суворих, індустріально адаптованих ландшафтів [1-8].

Висновки: кліматична криза має прямий соціальний наслідок. Зникнення снігу в низовинах і передгір'ях робить зимовий спорт недоступним для широких верств населення.

Міжнародний олімпійський комітет стоїть перед необхідністю радикальних реформ регламенту:

1. Перехід до системи, де Ігри проводяться в одній-двох постійних, кліматично перевірених локаціях (наприклад, створити постійну базу), замість того щоб щоразу будувати інфраструктуру в нових ризикованих місцях.

2. «Індоризація» (Indoorization): Перенесення частини дисциплін (лижні гонки, біатлон) у закриті тунелі-холодильники, як це вже робиться для тренувань.

3. Зміна календаря: Зсув термінів проведення Ігор на січень або навіть грудень, щоб уникнути лютневих відлиг, які стають дедалі частішими.

Список літератури.

1. Gold J. R., Gold M. M. Olympic Cities: City Agendas, Planning, and the World's Games, 1896–2020. 3rd ed. London: Routledge, 2016. 462 p.
2. Müller M. et al. An evaluation of the sustainability of the Olympic Games. *Nature Sustainability*. 2021. Vol. 4. P. 340–348.
3. Olympic Winter Games Beijing 2022: Sustainability Pre-Games Report. Lausanne: International Olympic Committee, 2022. 56 p.
4. Rutty M., Scott D. Will the Winter Olympics be a victim of climate change? Water resources and snowmaking in a warming world. *Regional Environmental Change*. 2015. Vol. 15. P. 121–131.
5. Scott D., Steiger R., Rutty M., Johnson P. Climate change and the future of the Olympic Winter Games: athlete and coach perspectives. *Current Issues in Tourism*. 2022. Vol. 25, no. 23. P. 3766–3785.
6. Sliwa L., Orr M. Slippery Slopes: How Climate Change is threatening the 2022 Winter Olympics. London: Loughborough University, Sport Ecology Group, 2022. 28 p.
7. Steiger R., Scott D., Abegg B. Climate change and winter tourism: a systematic review. *Current Issues in Tourism*. 2019. Vol. 22, no. 12. P. 1434–1452.
8. Vanat L. International Report on Snow & Mountain Tourism 2021. Geneva: Laurent Vanat Consulting SARL, 2021. 220 p.