

ЕКОЛОГО-ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧИННИКА ПОГОДИ ЗА КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ ГЕЛІОМАГНІТНИХ БУР НА ВЕГЕТАТИВНИЙ БАЛАНС ХЛОПЦІВ РІЗНОГО ВІКУ

О.В. Єрмішев¹, І.В. Шумигай²

¹Донецький національний університет імені Василя Стуса (м. Вінниця, Україна)
e-mail: o.yermishev@donnu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-5854-9678

²Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0432-2651

Незважаючи на наявні обширні наукові дані про вплив метеорологічних та геліогеофізичних чинників на стан здоров'я та фізіологічні параметри організму, екологічна роль та біологічна сутність механізмів їх взаємодії залишається поки що нез'ясованою. Встановлено, що реакція організму на різні стресові впливи значною мірою визначається співвідношенням тонусу симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. Саме вегетативній нервовій системі (ВНС) і, передусім, її симпатичному відділу належить особлива роль у формуванні пристосувальних реакцій організму, розвитку метеотропних реакцій, тобто ВНС є первинним місцем докладавання метеорологічних впливів, що викликають зрушення в її рівновазі. Визначення вегетативного статусу та направленість вегетативної активності в організмі 151 хлопця проводили за допомогою функціонально-вегетативної діагностики за методом В. Макаца. Оскільки стан ВНС є важливим у розвитку метеотропних реакцій проведено аналіз даних дослідження вегетативного тонусу у сонячну, та хмарну погоду за комбінованого впливу геліомагнітних бур (ГМБ), визначення сприятливих і несприятливих погодних умов для організму, а також стану адаптаційного здоров'я обстежених дітей. Було виявлено, що за впливу геліометеорологічних чинників на організм практично здорових молодих хлопців спостерігаються певні особливості проявів метеолабільності. Найбільш чутливою до змін погодно-кліматичних умов за комбінованого впливу ГМБ, виявилась група хлопців молодшого шкільного віку (МШВ) 7–11 років, в яких спостерігались максимальні відхилення показників активності функціональних систем від вікової норми, а найменш чутливою була група хлопців підліткового (ПШВ) 12–15 років. Під час аналізу впливу змін погодних станів на організм хлопців за вегетативним коефіцієнтом (kV) було виявлено, що за норми показника kAV 0,95–1,05, він максимально збільшувався за дії на організм сонячної погоди і становив 1,12 у хлопців МШВ, що свідчить про виражену симпатикотонію, а у хлопців ПШВ 0,93 відповідно, що вказує на незначну парасимпатикотонію. За дії на організм хмарної погоди за комбінованого впливу ГМБ в обох групах виявлено стан вегетативної рівноваги. В здоровому організмі зміни фізіологічних процесів і активності функціональних систем під впливом такого чинника, як зміна погоди, навіть за комбінованого впливу ГМБ легко компенсуються і особлива роль у цьому належить ВНС, діяльність якої забезпечує адекватну реакцію організму на вплив чинників зовнішнього середовища. Чинники довкілля, зокрема і метеорологічні, мають безпосереднє відношення до забезпечення життєдіяльності та здоров'я людей. Кожен із метеорологічних елементів має своє біологічне значення. В цьому випадку виникає питання щодо впливу сонячної активності, погоди, стан атмосфери, і, насамперед, антропогенних забруднень та інших параметрів середовища на здоров'я людей, що, природно, вимагає кількісного підходу до оцінки ризиків та вироблення необхідних управлінських рішень.

Ключові слова: погода, адаптація, функціональні системи, вегетативна нервова система.

ВСТУП

Незважаючи на наявні обширні наукові дані про вплив метеорологічних і геліогеофізичних чинників на стан здоров'я

їх фізіологічні параметри організму, екологічна роль та біологічна сутність механізмів їх взаємодії залишається поки що нез'ясованою [1–3]. Необхідність вибору комплексного підходу до вивчення сис-

теми «Космос (Колообіг енергії) – Земля (Біоритми Землі) – Людина (фізіологічні процеси)» очевидна та обґрунтована, тому що в його основі лежить ідея використання сучасних технологій і каналів отримання та поширення інформації про вплив космічної енергії, мінливість стану атмосфери, електромагнітних і гравітаційних полів, антропогенних забруднень та інших параметрів навколишнього середовища, що потребує ефективного й швидкого розв'язання [4; 5].

Геліофізичні чинники впливають на перебіг важливих і повсюдно поширених фізико-хімічних процесів у біосфері, а також на багато сторін біологічних явищ, що знаходять відображення у відповідних змінах показників життєдіяльності більшості живих організмів. Космічні випромінювання жорсткого діапазону електромагнітного спектра, частки високих енергій надавали в минулому потужний імпульсний вплив на біосферу, часто змінюючи перебіг еволюції живих організмів. Основними зовнішніми, абіотичними чинниками стійкості земної біосфери, безсумнівно, є сонячне випромінювання, наявність у Землі власного магнітного поля та кисню в атмосфері. Головним постачальником енергії для нашої планети є Сонце, під впливом якого відбувається переважна кількість процесів в екосфері. Найбільше значення для біосфери Землі має сонячна енергія, яка збуджує рух атмосфери та океанічних течій, підтримує усі життєві процеси. Зміна випромінювання Сонця є відповідальною за кліматичні цикли [4].

Роль космогеофізичних чинників в еволюційній адаптації живих систем дуже різноманітна. Космогеофізичні чинники – слабкий тренувальний чинник для адаптаційно-стійких членів популяції; слугують каналом відбракування нежиттєздатних членів популяції; забезпечують синхронізацію індивідуальних часів біооб'єктів при взаємодії між собою; є синхронізатором загальних ритмів популяції; створюють умови для генерації нової інформації у процесі еволюційної адаптації біосистем загалом [4; 6].

Відомо, що активні процеси на Сонці викликають посилення потоків сонячного вітру та корональних викидів маси, що призводять до розвитку в магнітосфері Землі магнітних бур – одного з головних елементів космічної погоди. Є і інші непрямі ознаки впливу варіацій сонячної та геомагнітної активності на погоду й клімат [4]. Геліогеофізичні чинники і геліометеотропні реакції людини істотно впливають на потенціал здоров'я як на індивідуально-організмовому, так і на популяційному рівнях, і, багато в чому, визначають баланс «людиноспоживання» і «людиновиробництва» – узагальнений показник благополуччя популяції [1; 4; 7]. Це завдання ще більш актуальне щодо так званого екологічного здоров'я, тобто здоров'я населення залежного від стану навколишнього середовища, тому проблема встановлення причинно-наслідкових зв'язків між станом (якістю) навколишнього середовища та здоров'ям населення є одним із провідних екологічних та соціально значущих завдань [1; 8; 9]. Чинники довкілля, зокрема і метеорологічні, мають безпосереднє відношення до забезпечення життєдіяльності та здоров'я людей. Кожен із метеорологічних елементів має своє біологічне значення. В цьому випадку виникає питання про вплив сонячної активності, погоди, стан атмосфери, і, насамперед, антропогенних забруднень та інших параметрів середовища на здоров'я людей, що, природно, вимагає кількісного підходу до оцінки ризиків та вироблення необхідних управлінських рішень [9; 10].

Мета дослідження. Провести екологопорівняльний аналіз впливу метеорологічних чинників за комбінованої дії ГМБ на тонус вегетативної нервової системи і функціональний стан організму хлопців молодшого шкільного віку (МШВ) й підліткового шкільного віку (ПШВ) та дати оцінку з точки зору їх впливу на організм людини.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вплив погоди на людський організм багатогранний і до кінця ще не визначено,

але, на жаль, майже 70% людей на сьогодні реагують на зміни погоди. Відомо, що метеопатія, яку також вважають синдромом або новою хворобою, впливає на наше психологічне та фізіологічне здоров'я. Метеочутливість з'являється навіть у здорових людей.

Наразі Davis G., Lowell W.E. [4] визначено, що сонячна активність (СА) впливає на найрізноманітніші процеси у біосфері, включаючи стан організму людини. Провідною передатною ланкою між спалаховою активністю Сонця та станом живих систем є варіації геомагнітного поля (ГМП), амплітуда яких під час «сонячних бур» у високих широтах може зростати на кілька порядків [4]. Результатом цього явища в організмі людини, особливо у метеозалежних, виникає дезадаптаційний синдром. У механізмі розвитку метеопатичних реакцій порушується стабільність клітинних мембран, тим самим впливаючи на процеси метаболізму, на енергетичний баланс, активацію перекисного окислення ліпідів, зміну кількісних показників клітинних структур крові, що призводять до загострення хронічних захворювань, зокрема найбільш вразлива серцево-судинна система. Напруга, що виникає в її роботі, може спровокувати розвиток багатьох патологій [11]. Саме різкі коливання ГМП і є однією з причин погіршення самопочуття певних груп людей і зростання ризику летальних наслідків [4; 11].

Abbasi K. та ін. [12] доведено, що висока СА та геофізична активність у період внутрішньоутробного розвитку та у рік народження скорочує тривалість життя на 8,4 роки та збільшує ризик летальності від серцево-судинних захворювань, фактично «програмує» ступінь уразливості серцево-судинної системи, що особливо стосується чоловіків. Оскільки висока СА, як правило, супроводжується ГМБ, які є предикторами порушень у роботі серця дитини: порушення синхронізації добових коливань скорочувальної сили шлуночків серця, падіння абсолютних значень скорочувальної сили серця та артеріального тиску, зміни ультраструктури серцевих

клітин [12]. Ці зміни, ймовірно, «запам'ятовуються» (геліогеофізичний імпринтинг) і створюють передумови для високої чутливості серцево-судинної системи не тільки до геліогеофізичних впливів, але також до інших травмуючих агентів, що в результаті може зумовити зниження тривалості життя в результаті передчасного «зносу» серцево-судинної системи. Саме тому головною мішенню людського організму, на який впливає геліогеомагнітна активність, можуть бути серце та серцево-судинна система у стані патології. Дані, отримані у дослідженнях, свідчать, що геомагнітні бурі спричиняють десинхроноз біоритмів серця. Зміна хроноструктури біоритмів є індикатором функціонального стану організму, одним із найважливіших критеріїв фізіологічної адаптації людини.

Паралельно з цим, у пацієнтів з метеоропатією часто спостерігається підвищений рівень адренокортикотропного гормону (АКТГ) та катехоламінів (адреналін і норадреналін) – гормони стресу, які є гуморальним чинником, стимулювальним симпатичну активність організму, симптомами чого є серцебиття, тривога та дратівливість [13]. Так, у здорових людей рівень норадреналіну достовірно підвищується вже за два дні до магнітної бурі, залишається підвищеним у період бурі та знову підвищується на фазі відновлення бурі (через два дні після бурі). Аналогічно поводиться і рівень адреналіну. І навпаки, ендорфіни, відомі як «гормони щастя», знижуються, знижуючи больовий поріг (концентрація дофаміну за два дні до бурі і в бурю падає, а через два дні після бурі зростає більш ніж удвічі). Інша гіпотеза припускає, що блукаючий нерв відіграє певну роль у метеопатії, його стимуляція зменшує симптоми, спричинені погодою, у людей [13].

У періоди геліогеофізичних збурень гемореологічні характеристики організму мають тенденцію до зростання. Під час дії ГМБ середня величина показника агрегації еритроцитів у людей в 1,6 раза перевищує його значення спокійних днів та агрегаційна активність тромбоцитів збільшується в 1,4 раза. Підвищення кількості катехол-

амінів, в'язкості крові, схильності до гемостазу формує внутрішні чинники причин загострень патологій серцево-судинної системи та системи кровообігу і збільшує ризику летальності.

Поєднання таких метеорологічних параметрів: знижена середня температура й низька сонячність, висока вологість і сильна швидкість вітру — все це підвищує ризик інсульту в зимовий період [14].

Найчастіше несприятливий вплив метеорологічних чинників на перебіг гіпертонічної хвороби виявлявся в січні, лютому та березні на тлі низького атмосферного тиску. У зимово-весняний період у хворих на гіпертонічну хворобу з проявами метеочутливості за даними кардіоритмограми виявлено підвищення симпатичної та змішаної активності [15].

Крім впливу на здоров'я людини, погода має істотний вплив також на прояви фізичної добової активності, що є одним із основних чинників формування здоров'я. Так, мета-аналіз засвідчив, що більш високі температури були пов'язані із збільшенням та інтенсивністю фізичної активності, тоді як нижча температура та сильні опади — з їх зменшенням [16; 17].

Вивчення Jänig W. [18] впливу геліо- та метеозово на стан вегетативної регуляції серцевого ритму, виявило зрушення у співвідношенні симпатичної та парасимпатичної активності, які мають різноспрямовані зміни і можуть бути охарактеризовані як відносною симпатикотонією, так і відносною парасимпатикотонією. Саме ця різноспрямованість змін у стані вегетативної нервової системи в умовах нестабільної погоди є специфічним пейсмейкером і може провокувати загострення більшості хвороб серцево-судинної системи [1; 4; 18].

Як розкрито Мудраком О.В., Фурдичком О.І., Макацом В.Г., Петруком Р.В., Овчинніковою Ю.Ю. та ін. в огляді літератури [1; 6; 9], вегетативна нервова система (ВНС) одна із головних учасників процесу адаптації до будь-якого впливу. Порушення вегетативної регуляції організму неминуче виникає у випадках кліматичної дезадаптації на фоні дії геліогеофізичних чинни-

ків. Дані зміни особливо виражені в осіб, які мають в анамнезі порушення вегетосудинного характеру. Наразі у науковій літературі зустрічається кілька точок зору про вплив метеопогодних чинників на організм людини. Часто дослідники (наприклад, Romanello M., di Napoli C., Green C.) [19] вважають, що на організм людини впливає сума всіх метеокліматичних чинників, в інший із комплексу останніх виділяється лише один провідний, що визначає весь комплекс змін в організмі людини. Розглядаючи людину як відкриту енергоінформаційну систему, яка перебуває у безперервній взаємодії із зовнішнім середовищем, видається найбільш актуальним вивчення впливу комплексу метеокліматичних чинників на людину.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За допомогою функціонально-вегетативної діагностики (ФВД) за методом В. Макаца нами було обстежено 151 хлопець, зокрема 49 хлопців віком 7–11 років, 102 — 12–15 років, які проходили санаторно-курортне оздоровлення в санаторіях України. ФВД двічі проводилася в першій половині дня (1000–1100). Вивчали біоелектричну активність 12-ти симетричних пар функціонально-активних зон шкіри (24 ФАЗ), 12 на руках та 12 на ногах, які відображають функціональну активність симпатичної та парасимпатичної нервової системи [1–3]. ФВД за методом В. Макаца та прилади для його здійснення офіційно дозволені МОЗ України «Нова медична техніка і нові методи діагностики» (№ 5 від 25.12.91 р.; № 1.08-01 від 11.01.94 р.) й Вченою радою МОЗ України (№ 1.08-01 від 11.01.94 р.) [1; 6; 9].

Для ФВД використовується прилад ВІТА 01 М, напруга в замкнутому колі якого не перевищує рівнів мембранних потенціалів (1–5 мкА; 0,03–0,6 В) і який не потребує для своєї роботи зовнішніх джерел енергії. Має два діагностичні електроди, базовий електрод (акцептор електронів) — випукла пластинка з спеціального сплаву, попередньо покрита окисною плівкою

(5×7 см) та спарений діагностичний електрод (донор електронів) у вигляді посрібленої пари, які розташовані в ебонітових чашках діаметром 1 см і обгорнуті поролоновими прокладками. Базовий електрод фіксується спеціальним паском через вологу прокладку (змочену фізіологічним розчином) у пупковій області (центральна мезогастральна ділянка (0-зона) з натягом середньої щільності для створення стабільних умов обстеження. Діагностичні електроди також звожуються фізіологічним розчином. Процедура проводиться в ортостатичному положенні людини. В процесі тестування діагностичні електроди під прямим кутом із незначним тиском (на рівні дотику), одночасно контактують із кожною парою симетричних ФАЗ (ліва–права на кожній кінцівці) впродовж 1–4 с до одержання стабільних показників в мікроамперах. Через кожні три контакти з ФАЗ електроди повторно змочуються фізіологічним розчином. Отримані в мкА дані ФВД переводять у відносні значення. Одержані дані порівнюються з нормою і робиться висновок щодо ступеня відхилення від неї і рівня порушеності функціонального здоров'я [1; 6; 9].

Зміни фізіологічного стану організму проявляються трансформацією електрошкірного опору в певних функціонально-активних зонах (ФАЗ) шкіри, які топографічно збігаються з ходом 12 класичних акупунктурних меридіанів (функціональних систем) – легені (LU), перикард (PC), серце (HT), селезінка і підшлункова залоза (SP), печінка (LR) та нирки (KI), які формують парасимпатичну спрямованість ВНС. Симпатичну спрямованість ВНС формують тонкий кишківник (SI), стан лімфатичної системи (TE), товстий кишківник (LI), сечовий міхур (BL), жовчний міхур (GB) та шлунок (ST). Для діагностики використовують кореляції між змінами електропровідності в 24 репрезентативних ФАЗ (характеризують стан меридіана загалом) і станом класичних акупунктурних меридіанів, які «визначають» функціональний стан відповідних їм внутрішніх органів і систем організму [1;

6; 9]. Відносне співвідношення суми показників загальної симпатичної активності до парасимпатичної активності визначає спрямованість вегетативного балансу. Числовим результатом цього співвідношення постає адаптаційно-вегетативний коефіцієнт kAV (коефіцієнт автономної нервової системи). Для функціонально-екологічної оцінки впливу чинників довкілля використовують вегетативну дисперсію (розсіювання) за трьома критичними зонами: парасимпатична активність (ПА) $kAV \leq 0,86$; функціонально-вегетатив рівновага (ФР) $kAV = 0,87 - 1,13$; симпатична активність (СА) $kAV \geq 1,14$, які є маркерами функціонального здоров'я (адаптаційного потенціалу) [1; 6; 9; 20].

Математико-статистичне дослідження отриманих емпіричних результатів спостережень проводили в пакеті Statistica 12. Для перевірки на нормальність розподілу одержаних результатів вибірових спостережень було застосовано критерії Колмогорова–Смірнова та Шапіро–Уїлка, згідно яких немає підстав відхиляти гіпотезу про нормальний розподіл вибірок. Це свідчить про можливість використання t -тесту Стьюдента для незалежних змінних для перевірки на достовірність різниці отриманих результатів ($p > 0,2$ за тестом Колмогорова–Смірнова і $p > 0,05$ за тестом Шапіро–Уїлка та Ліліфорса). Підтверджують також гіпотези про нормальний розподіл вибірок побудовані гістограми розподілу. Застосування t -тесту Стьюдента для незалежних змінних для перевірки на достовірність різниці одержаних результатів показало, що дані вибірки мають стандартні відхилення, що статистично не відрізняються ($p - \text{Variances} \geq 0,05$) і середні значення, що також статистично не відрізняються від нормальних показників ($p \geq 0,05$) на рівні значущості $\alpha = 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Найбільш виражено численні ефекти впливу космічного середовища на біосферу проявляються під час магнітних бур [4]. У середині 90-х років ХХ ст. було висунуто гіпотезу, згідно з якою:

- 1) геліогеомагнітні ритми разом з освітленістю та температурою є базисом формування циркадіанного (добового) ендogenous біоритму;
- 2) геліогеомагнітні обурення — «збої» геліогеомагнітних ритмів — викликають реакцію адаптивного стресу у біологічних об'єктів, особливо у стані їх нестійкості.

Унаслідок багаторічних досліджень виявлено, що характерними мішенями геомагнітних та метеовпливів є кровоносна, серцево-судинна і вегетативна нервова системи та легені. Тому «групами ризику» за дії геомагнітних та метеовпливів є населення з патологією серцево-судинної системи, особливо ті, що перенесли інфаркт міокарда; здорові люди з функціонально перенапруженою адаптаційною системою; діти в період бурхливого розвитку з адаптаційною системою, що не сформувалася та населення зрілого віку з численними ендogenous причинами розвитку дезадаптації організму [21; 22].

Моніторування дітей раннього віку засвідчило наявність у їх спектрах усіх «сонячних» періодів, до того ж добовий ритм (найпотужніший в організмі матері) новонароджені немовлята починають виявляти на 5–10 міс. життя, тоді як у першій місяць у них переважає 7-денний ритм. За моніторування немовляти впродовж 26 міс. у спектрах його життєво важливих показників очевидна присутність усіх періодів, характерних для періоду власного обертання Сонця, близько 28 діб, та його гармонік. А період єдина доба починає проявлятися лише на 5-му міс. моніторування [4; 5].

Збої ритмів зовнішнього синхронізатора — геомагнітні бурі — спричиняють адаптаційний стрес типу реакції під час збоїв фази добового ритму, (спостерігаються стабілізація серцевого ритму, підвищення в'язкості крові, падіння скорочувальної сили серця) та до метеотропних реакцій, які характеризуються змінами судинного тону. Однак космічна погода не одна є біотропним чинником, що впливає на самопочуття та здоров'я людей. Зазвичай її дія відбувається в сукупності з впливом

чинників земної погоди, до того ж вплив стрибків атмосферного тиску (P), температури (T) і стрибків геомагнітної активності (K -індексу) розподіляється так [13]:

$$T : K : \Delta P = 5:4:7.$$

Під час дослідження системно-вікової залежності чоловічої групи (ЧГ) молодшого шкільного віку (МШВ) 7–11 років було виявлено, що комбінований вплив чиннику погоди та геомагнітних бур (ГМБ) спричиняє зміни функціональної активності та гомеостазу організму (*рис. 1*).

Чітко простежується, що пофазні місячні показники активності функціональних систем (ФС) дублюють лінію норми, відрізняючись амплітудою і мають однакову спрямованість. До того ж наявність достовірних змін досліджуваних параметрів показників активності ФС з лінією норми свідчить, що різна погода за дії ГМБ характеризується специфічністю дії на організм. У сонячну погоду за дії ГМБ відбувається перенапруження систем адаптації організму. Цей вплив характеризується змінами фізіологічних функцій, що проявляється підвищенням показників активності ФС легенів (LU), лімфатичної системи (TE), товстого кишківника (LI), печінки (LR) та шлунка (ST). Зниження відбувається в ФС перикарду (PC), серця (HT), нирок (KI) та жовчного міхура (GB). Відбувається паралельне пригнічення симпатичної нервової системи (пейсмейкер сечовий міхур (BL) та парасимпатичної нервової системи (пейсмейкер селезінка і підшлункова залоза (SP).

У хмарну погоду за дії ГМБ системно-вікова залежність у ЧГ МШВ характеризується підвищенням показників активності ФС легенів (LU), серця (HT) та тонкого кишківника (SI) і зниженням показників активності ФС перикарду (PC), лімфатичної системи (TE), нирок (KI) та сечового міхура (BL) (*див. рис. 1*).

Загалом, для процесу адаптації організму парасимпатикотонія є несприятливим чинником, оскільки зумовлює виснаження функціональних резервів і зниження лабільності вегетативних реакцій. Також

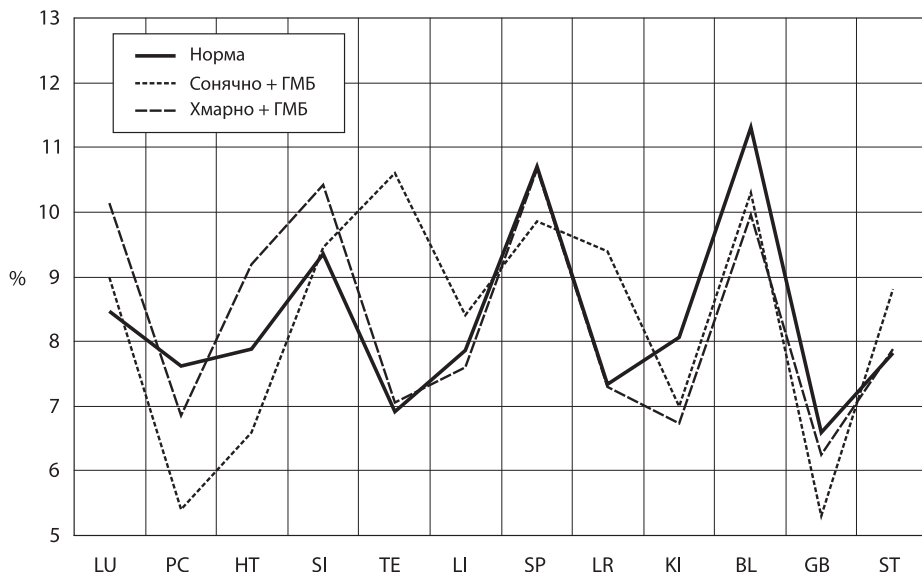


Рис. 1. Системновікова залежність чоловічої групи молодшого шкільного віку 7–11 років за різних погодних станів з одночасною дією геомагнітних бур (ГМБ), $p \leq 0,05$

Примітка: LU – легені, PC – перикард, HT – серце, SI – тонкий кишківник, TE – стан лімфатичної системи, LI – товстий кишківник, SP – селезінка і підшлункова залоза, LR – печінка, KI – нирки, BL – сечовий міхур, GB – жовчний міхур, ST – шлунок.

доволі хаотичний малюнок функціональних залежностей може бути пов'язаний фізіологічно-функціональною незрілістю процесів адаптації та швидкістю їх формувань і стабілізації в організмі дітей 7–11 років [1; 20]. Швидкий темп морфологічного і функціонального розвитку всіх органів і систем, незрілість імунної системи в цей період сприяють підвищенню чутливості організму дітей до змін чинників зовнішнього середовища, як для еколого-фізіологічних, так і до патологічних.

Підлітковий період – це перехідний етап від дитячого розвитку до дорослої стадії онтогенезу. Перехідний процес підліткового віку захоплює абсолютно всі рівні біологічної організації підлітка – від змін будови скелета, системи дихання, кровообігу до репродуктивної системи, її функціонального та структурного забезпечення. Відбувається активізація діяльності гіпофіза, інтенсивний фізичний і фізіологічний розвиток, перебудова моторного апарату та нейрогуморальних співвідношень. У під-

літковому віці у дітей відбуваються різкі коливання гормонального статусу, а також йде активний ріст організму. Тому метеочутливість у них може бути різко вираженою (рис. 2).

За дослідження системно-вікової залежності чоловічої групи підліткового шкільного віку (ПШВ) 12–16 років було виявлено, що зміна погоди за дії ГМБ призводить до змін функціональної активності і гомеостазу організму. Зафіксовано, що отримані показники активності ФС дублюють лінію норми, відрізняючись амплітудою і мають однакову загальну спрямованість. Так, під час впливу на організм сонячної погоди за дії ГМБ було відмічено підвищення досліджуваних параметрів показників активності ФС відносно вікової норми у легенів (LU), серця (HT), тонкого кишківника (SI), лімфатичної системи (TE) та шлунка (ST). Зниженням характеризувалась активність ФС нирок (KI). Також відбувається паралельне пригнічення симпатичної нервової системи (пейсмейкер

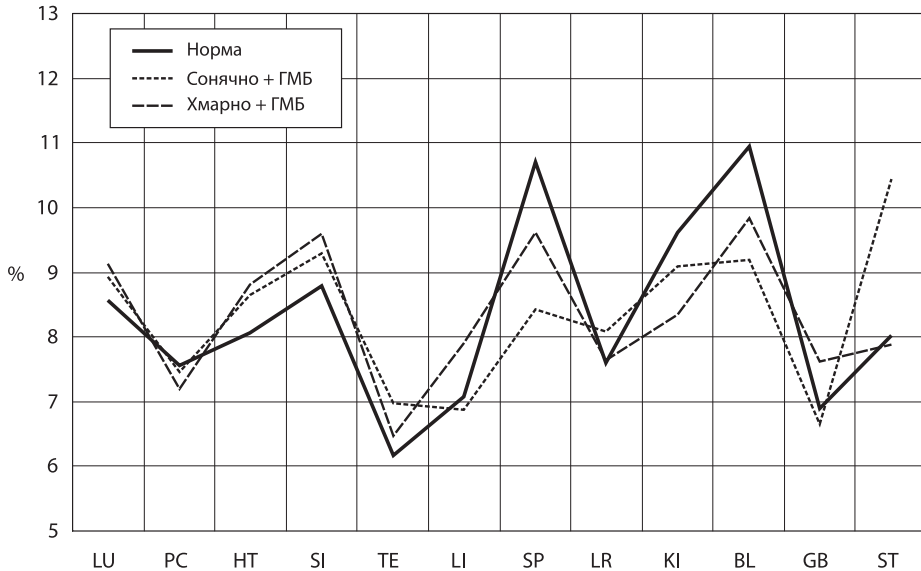


Рис. 2. Системновікова залежність чоловічої групи підліткового шкільного віку

12–15 років за різних погодних станів з одночасною дією геомагнітних бур (ГМБ), $p \leq 0,05$

Примітка: LU – легені, PC – перикард, HT – серце, SI – тонкий кишківник, TE – стан лімфатичної системи, LI – товстий кишківник, SP – селезінка і підшлункова залоза, LR – печінка, KI – нирки, BL – сечовий міхур, GB – жовчний міхур, ST – шлунок.

сечовий міхур (BL) та парасимпатичної нервової системи (пейсмейкер селезінка і підшлункова залоза (SP)).

Під час впливу на організм похмурої погоди за дії ГМБ у ЧГ ПШВ було виявлено підвищення досліджуваних параметрів показників активності ФС відносно вікової норми у легенів (LU), серця (HT), тонкого кишківника (SI), лімфатичної системи (TE), шлунка (ST), товстого кишківника (LI) та жовчного міхура (GB). Зниження активності ФС зафіксовано для ФС перикарду (PC) та нирок (KI). Також відбувається паралельне пригнічення симпатичної нервової системи (пейсмейкер сечовий міхур (BL) та парасимпатичної нервової системи (пейсмейкер селезінка і підшлункова залоза (SP) (див. рис. 2).

Для більш точного визначення відхилень числових показників активності ФС організму обстежених людей у різні сезони року ми порівняли їх із числовим значенням норми (mV) для кожної ФС з відхиленням $\pm 10\%$. Визначали значення,

які виходять за межі цього фізіологічного коридору в сторону збільшення чи зменшення, позначаючи їх відповідно знаками «↑» та «↓». У табл. 1 відображені результати відхилень значень функціонально-вегетативної діагностики (ФВД) від норми $\pm 10\%$ у чоловіків груп молодшого та підліткового шкільного віку.

Аналіз результатів відхилень значень ФВД від норми $\pm 10\%$ у групі МШВ виявив 12 відхилень від фізіологічного коридору норми, серед яких сім припадає на сонячну погоду за час дії ГМБ, а п'ять – на хмарну. У групі ПШВ, аналіз результатів встановив усього шість відхилень від фізіологічного коридору норми, серед яких вказує на сонячну погоду за час дії ГМБ та два на хмарну погоду.

З одержаного масиву даних щодо стану функціонального здоров'я населення певної території та усередненої інформації про відхилення вегетативної нервової системи можна проводити аналіз впливу на людину, як абіотичних чинників, так і можливих

Таблиця 1. Відхилення значень функціонально-вегетативної діагностики від норми $\pm 10\%$ у чоловіків груп молодшого та підліткового шкільного віку

ФС	Норма $\pm 10\%$		Погода			
	МШВ	ПШВ	Сонячна + ГМБ		Хмарна + ГМБ	
			МШВ	ПШВ	МШВ	ПШВ
LU	7,62–9,32	7,70–9,42	=	=	↑	=
PC	6,85–8,37	6,81–8,32	↓	=	=	=
HT	7,09–8,67	7,26–8,88	↓	=	↑	=
SI	8,41–10,28	7,90–9,66	=	=	↑	=
TE	6,22–7,61	5,55–6,79	↑	↑	=	=
LI	7,07–8,65	6,37–7,79	=	=	=	↑
SP	9,63–11,77	9,64–11,78	=	↓	=	=
LR	6,59–8,06	6,83–8,35	↑	=	=	=
KI	7,25–8,87	8,66–10,58	↓	=	↓	↓
BL	10,17–12,43	9,85–12,04	=	↓	↓	=
GB	5,94–7,26	6,21–7,59	↓	=	=	=
ST	7,05–8,61	7,22–8,82	↑	↑	=	=

Примітка: ГМБ – вплив чинника погоди та геомагнітних бур; ФС – показники активності функціональних систем; МШВ – група молодшого шкільного віку; ПШВ – група підліткового шкільного віку.

екологічних проблем території і її ступінь екологічної порушеності.

У результаті досліджень було з'ясовано, що основною характеристикою, який відображає негативний вплив чинників зовнішнього і внутрішнього середовищ є зменшення кількості обстежених людей у зоні функціональної рівноваги і збільшення їх у зоні парасимпатичної активності. За розробленими нами критеріями, функціональне здоров'я людей знаходиться в зоні умовної норми, коли 70% населення входять у зону функціональної рівноваги (ФР).

Під час аналізу впливу різної погоди за дії ГМБ на функціонально-адаптивне здоров'я різних гендерно-вікових груп населення України порівняно з віковою нормою були отримані результати, що свідчать про вікові і статеві відмінності реактивності організму обстеженого населення. Найбільш несприятливий вплив на формування адаптаційного здоров'я більшості обстежених груп має сонячна погода за дії ГМБ. За дії комбінації цих впливів підви-

щується кількість людей, які знаходяться в зоні парасимпатичної (ПС) активності і зменшується в зоні ФР, що свідчить про негативний аспект дії на систему адаптації та вказує на виснаження адаптаційних ресурсів. За ідеального значення 15–20% кількості населення компактного проживання знаходження в цій зоні ми виявили значне збільшення цього показника, особливо в гендерно-віковій групі населення ПШВ, який становить 31,9%.

Під час аналізу адаптаційного (функціонального) здоров'я ЧГ МШВ та ПШВ за комбінованого впливу хмарної погоди та дії ГМБ було встановлено збільшення кількості обстежених людей МШВ у зонах симпатичної (СА) та парасимпатичної (ПА) активності до 26,5% і до 38,2% відповідно, а також із одночасним зменшенням у зоні ФР до 35,3% (табл. 2).

Згідно із результатом аналізу за вегетативним коефіцієнтом було встановлено, що всі групи найбільш чутливо реагували на комбінований вплив сонячної погоди за дії ГМБ. Так, за дії цих чинників на ЧГ

Таблиця 2. Адаптаційне (функціональне) здоров'я чоловічих груп молодшого та підліткового шкільного віку за комбінованого впливу чинника погоди та геомагнітних бур

Критичні зони	Вікові групи	Сезони року	
		Сонячна + ГМБ	Хмарна + ГМБ
		СА, %	МШВ ПШВ
ФР, %	МШВ	100,0	35,3
	ПШВ	59,6	56,3
ПА, %	МШВ	0	38,2
	ПШВ	31,9	24,2

Примітка: ФР – зона функціональної рівноваги; СА – зона симпатичної активності; ПА – зона парасимпатичної активності; МШВ – група молодшого шкільного віку; ПШВ – підліткового шкільного віку; ГМБ – геомагнітні бурі.

МШВ відбувається збільшення показника адаптаційного коефіцієнта ($k-AV$) від норми 0,95–1,05 до 1,12, що свідчить про перевагу в організмі симпатичної нервової системи (СНС) з формуванням симпатикотонії. Щодо ЧГ ПШВ – у них виявлена незначна парасимпатикотонія, яка характеризується значенням показника $k-AV$ до 0,93. За хмарної погоди і комбінованого впливу ГМБ в обох дослідних групах була відзначена ейтонія (нормотонія) вегетативного тонуусу, врівноваження активності двох ланок ВНС (*табл. 3*).

У розвитку метеотропних реакцій виділяється три фази: перша – фаза клініко-фізіологічної адаптації організму до впливу

Таблиця 3. Значення адаптаційного (вегетативного) коефіцієнта $k-AV$ за комбінованого впливу чинника погоди та геомагнітних бур

Погода + ГМБ	МШВ	ПШВ
Сонячно + ГМБ	1,12	0,93
Хмарно + ГМБ	0,96	0,98

Примітка: МШВ – група молодшого шкільного віку; ПШВ – група підліткового шкільного віку; ГМБ – геомагнітні бурі.

атмосферно-фізичних чинників; друга – фаза підвищеної чутливості до цих чинників, виражається зміною нервово-психічної, імунно-алергічної реактивності; третя – фаза дезадаптації до погоди, що виявляється у здорових людей різними функціональними синдромами, а у хворих – появою клінічних і субклінічних реакцій і загострень захворювань, тобто метеотропні реакції спричиняють структурно-функціональні зміни організму людини, порушення компенсаторних реакцій, що відзначаються різними симптомокомплексами [23]. У клітинах, тканинах і організмі загалом відбувається мобілізація механізмів, спрямованих на пом'якшення та стабілізацію процесів, що призводять до зміцнення адаптивних механізмів. Відомо, що реакцію організму на погоду зумовлюють стать, вік, зріст, маса тіла, статура, темперамент, характер харчування і ін. За тривалих і повторних діях погодно-метеорологічних чинників виникає реакція органів внутрішньої секреції, що розглядається як «реакція напруги» загального адаптаційного синдрому. Під їх впливом змінюються ферментативні процеси, інтенсивність гліколізу, рівень основного обміну, порушується структура колоїдів крові і тканин [24]. За визначення ступеня впливу клімату на людину слід мати на увазі, що реакція організму на його дію залежить від успішності пристосування до погодно-кліматичних умов.

ВИСНОВКИ

Отже, проведено дослідження впливу метеорологічних чинників за комбінованого впливу ГМБ на організм практично здорових хлопців різного віку дає підставу стверджувати про вікові особливості проявів метеолабільності. Було виявлено, що зміна вегетативного балансу в сторону підвищення симпатичної активності в організмі хлопців МШВ та парасимпатичної активності у групі ПШВ відбувається за дії сонячної погоди та комбінованого впливу ГМБ. За одночасної дії на організм хмарної погоди та ГМБ змін вегетативного балансу організму встановлено не було. Також

підтверджено, що в здоровому організмі зміни фізіологічних процесів і функціональної активності систем під впливом такого чинника, як зміна погоди за одночасної дії ГМБ легко компенсуються. В цих компенсаторних механізмах особлива роль належить вегетативній нервовій системі, діяльність якої забезпечує адекватну реакцію організму на вплив чинників зовнішнього середовища.

Знання про метеочутливість і метеопатичні реакції необхідні для розробки як профілактичних, так і лікувальних заходів, спрямованих на підвищення неспецифічної резистентності та адаптаційних механізмів організму, на нормалізацію функцій органів і систем як основу для нормальних реакцій за несприятливих змін зовнішнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

- Єрмішев О.В., Петрук Р.В., Овчинникова Ю.Ю., Костюк В.В. Функціональне здоров'я дітей як екологічний біоіндикатор України: моногр. / за ред. В.Г. Макаца. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 226 с.
- Berrang-Ford L., Siders A.R., Lesnikowski A. et al. A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change. *Nature Climate Change*. 2021. Vol. 11. P. 989–1000. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01170-y>.
- Campbell-Lendrum D., Neville T., Schweizer C. and Neira M. Climate change and health: three grand challenges. *Nature Medicine*. 2023. Vol. 29. P. 1631–1638. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02438-w>.
- Davis G. and Lowell W.E. Sunspot data and human longevity. *Data in Brief* 21. 2018. Vol. 21. P. 1579–1590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.168>.
- Lüthi S., Fairless C., Fischer E.M. et al. Rapid increase in the risk of heat-related mortality. *Nature Communications*. 2023. Vol. 14. 4894. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40599-x>.
- Макац В.Г., Єрмішев О.В., Овчинникова Ю.Ю. Основи біоекології, функціональної експертизи та екологічної безпеки. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 251 с.
- Chmura H.E., Glass T.W. and Williams C.T. Biological Physiological and Ecological Responses to Climatic Variation: New Tools for the Climate Change Era. *Ecology and Evolution*. 2018. Vol. 6. Article 92. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00092>.
- Abbasi K., Ali P., Barbour V. et al. Time to Treat the Climate and Nature Crisis as One Indivisible Global Health Emergency. *JAMA Ophthalmol*. 2023. 5609. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.5609>.
- Furdychko O.I., Mudrak O.V. and Yermishev O.V. Vegetative Status of Children as a Territorial Bio-Indicator of Ecological Safety. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (3). P. 191–196. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_153.
- Henderson K. and Loreau M. How ecological feedbacks between human population and land cover influence sustainability. *PLoS Comput Biol*. 2018. Vol. 14 (8). e1006389.
- Vicedo-Cabrera A.M., Scovronick N., Sera F. et al. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change*. 2021. Vol. 11. P. 492–500. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x>.
- Gosling S.N., Hondula D.M., Bunker A. et al. Adaptation to Climate Change: A Comparative Analysis of Modeling Methods for Heat-Related Mortality. *Environmental Health Perspectives*. 2017. 087008-1. DOI: <https://doi.org/10.1289/EHP634>.
- Hoxha M. and Zappacosta B. Meteoropathy: a review on the current state of knowledge. *Journal of medicine and life*. 2023. Vol. 16(6). P. 837–841. DOI: <https://doi.org/10.25122/jml-2023-0097>.
- Zareba K., Lasek-Bal A. and Student S. The Influence of Selected Meteorological Factors on the Prevalence and Course of Stroke. *Medicina*. 2021. Vol. 57 (11). 1216. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina57111216>.
- Левченко В.А., Гордійчук Л.І., Левченко Л.В. та ін. Вплив метеорологічних чинників у передгір'ї Карпат на частоту виникнення гіпертонічних кризів у різні сезони року. *Art of medicine*. 2019. № 1 (9). С. 70–75. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2019.1.9.70>.
- Zheng C., Feng J., Huang W. and Wong S.H. Associations between weather condition and physical activity and sedentary time in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Health & place*. 2021. Vol. 69. 102546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102546>.
- Rahman S., Maximova K., Carson V. et al. Stay in or playout? Their influence of weather conditions on physical activity of grade children in Canada. *Canadian journal of public health*. 2019. Vol. 110. № 2. P. 169–177. DOI: <https://doi.org/10.17269/s41997-019-00176-6>.
- Jänig W. Integrative Action of the Autonomic Nervous System. Neurobiology of Homeostasis. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 636 p.
- Romanello M., di Napoli C., Green C. et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*. 2023. 01859-7. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01859-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7).
- Єрмішев О.В. Особливості вікової вегетології чоловіків молодого та середнього віку. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2020. Т. 5. № 1 (23). С. 322–330. DOI: <https://doi.org/10.26693/jmbs05.01.322>.

21. Lenton T.M., Xu C., Abrams J.F. et al. Quantifying the human cost of global warming. *Nature Sustainability*. 2023. Vol. 6. P. 1237–1247. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6>.
22. Ripple W.J., Wolf C., Gregg J.W. et al. World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*. 2022. Vol. 72. Is. 12. P. 1149–1155. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biac083>.
23. Morrison T.H., Adger W.N., Agrawal A. et al. Radi-
- cal interventions for climate-impacted systems. *Nature Climate Change*. 2022. Vol. 12. P. 1100–1106. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01542-y>.
24. Myhre G., Alterskjær K., Stjern C.W. et al. Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. 16063. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4>.

REFERENCES

1. Yermishev, O.V., Petruk, R.V., Ovchinnikova, Yu.Yu., Kostyuk, V.V. & Makats, V.G. (Ed.). (2017). *Funktsional'ne zdorovia ditey yak ekolohichnyy bioindykator Ukrainy: monohrafiya [Functional health of children as an ecological bioindicator of Ukraine: monograph]*. Vinnitsa [in Ukrainian].
2. Berrang-Ford, L., Siders, A.R., Lesnikowski, A. et al. (2021). A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change. *Nature Climate Change*, 11, 989–1000. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01170-y> [in English].
3. Campbell-Lendrum, D., Neville, T., Schweizer, C. & Neira, M. (2023). Climate change and health: three grand challenges. *Nature Medicine*, 29, 1631–1638. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02438-w> [in English].
4. Davis, G. & Lowell, W.E. (2018). Sunspot data and human longevity. *Data in Brief* 21, 21, 1579–1590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.168> [in English].
5. Lüthi, S., Fairless, C., Fischer, E.M. et al. (2023). Rapid increase in the risk of heat-related mortality. *Nature Communications*, 14, 4894. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40599-x> [in English].
6. Makats, V.G., Yermishev, O.V. & Ovchinnikova, Yu.Yu. (2017). *Osnovy bioekolohiyi, funktsional'noyi ekspertyzy ta ekolohichnoyi bezpeky [Basics of bioecology, functional expertise and environmental safety]*. Vinnitsa [in Ukrainian].
7. Chmura, H.E., Glass, T.W. & Williams, C.T. (2018). Biologging Physiological and Ecological Responses to Climatic Variation: New Tools for the Climate Change Era. *Ecology and Evolution*, 6, 92. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00092> [in English].
8. Abbasi, K., Ali, P., Barbour, V. et al. (2023). Time to Treat the Climate and Nature Crisis as One Indivisible Global Health Emergency. *JAMA Ophthalmol*, 5609. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.5609> [in English].
9. Furdychko, O.I., Mudrak, O.V. & Yermishev, O.V. (2020). Vegetative Status of Children as a Territorial Bio-Indicator of Ecological Safety. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (3), 191–196. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_153 [in English].
10. Henderson, K. & Loreau, M. (2018). How ecological feedbacks between human population and land cover influence sustainability. *PLoS Comput. Biol.*, 14 (8), e1006389 [in English].
11. Vicedo-Cabrera, A.M., Scovronick, N., Sera, F. et al. (2021). The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change*, 11, 492–500. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x> [in English].
12. Gosling, S.N., Hondula, D.M., Bunker, A. et al. (2017). Adaptation to Climate Change: A Comparative Analysis of Modeling Methods for Heat-Related Mortality. *Environmental Health Perspectives*, 087008-1. DOI: <https://doi.org/10.1289/EHP634> [in English].
13. Hoxha, M. & Zappacosta, B. (2023). Meteoropathy: a review on the current state of knowledge. *Journal of medicine and life*, 16 (6), 837–841. DOI: <https://doi.org/10.25122/jml-2023-0097> [in English].
14. Zareba, K., Lasek-Bal, A. & Student, S. (2021). The Influence of Selected Meteorological Factors on the Prevalence and Course of Stroke. *Medicina*, 57 (11), 1216. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina57111216> [in English].
15. Levchenko, V.A., Gordiychuk, L.I., Levchenko, L.V. et al. (2019). Vplyv meteorolohichnykh chynnykiv u peredhirii Karpat na chastotu vynykennya hipertoniichnykh kryziv u rizni sezony roku [The influence of meteorological factors in the foothills of the Carpathians on the frequency of hypertensive crises in different seasons of the year]. *Art of medicine*, 1 (9), 70–75. DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2019.1.9.70> [in Ukrainian].
16. Zheng, C., Feng, J., Huang, W. & Wong, S.H. (2021). Associations between weather conditions and physical activity and sedentary time in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Health & place*, 69, 102546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102546> [in English].
17. Rahman, S., Maximova, K., Carson, V. et al. (2019). Stay in or play out? The influence of weather conditions on physical activity of grade children in Canada. *Canadian journal of public health*, 110, 2, 169–177. DOI: <https://doi.org/10.17269/s41997-019-00176-6> [in English].
18. Jänig, W. (2008). Integrative Action of the Autonomic Nervous System. *Neurobiology of Homeostasis*. Cambridge [in English].
19. Romanello, M., di Napoli, C., Green, C. et al. (2023). The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*, 01859-7. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01859-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7) [in English].
20. Yermishev, O.V. (2020). Osoblyvosti vikovoy i vetolohiyi cholovikiv molodoho ta seredn'oho viku

- [Peculiarities of age-related vegetation of young and middle-aged men]. *Ukrayins'kyi zhurnal medytsyny, biolohiyi ta sportu — Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*, 5, 1 (23), 322–330. DOI: <https://doi.org/10.26693/jmbs05.01.322> [in Ukrainian].
21. Lenton, T.M., Xu, C., Abrams, J.F. et al. (2023). Quantifying the human cost of global warming. *Nature Sustainability*, 6, 1237–1247. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6> [in English].
22. Ripple, W.J., Wolf, C., Gregg, J.W. et al. (2022). World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, 72, 12, 1149–1155. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biac083> [in English].
23. Morrison, T.H., Adger, W.N., Agrawal, A. et al. (2022). Radical interventions for climate-impacted systems. *Nature Climate Change*, 12, 1100–1106. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01542-y> [in English].
24. Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W. et al. (2019). Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific Reports*, 9, 16063. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.04.2024
