

конференції, м. Харків, 19-20 вересня 2024 р. УКРНДІЕП, 2024. С. 160-169. URL: [http://www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer\\_2024.pdf](http://www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer_2024.pdf).

**References:**

1. V.S. Voloshyn, *Pryroda otkhodoobrazovaniya* [The nature of waste formation]. Mariupol, Ukraine: Renata Publ., 2007. (Rus.)
2. I. Prigogine, and C. George, «The Second Law as a Selection Principle: The Microscopic Theory of Dissipative Processes in Quantum Systems», *Proceeding of the National Academy of Science*, vol. 80, pp. 4590-45945, 1983. doi: 10.1073/pnas.80.14.4590.
3. I. Prigogine, «Etude Thermodynamique des Phenomenes Irreversibles», these d'agregation, la faculte des sciences de l'Unoversite Libre de Bruxelles. Paris, France: Dunon, 1947. (Fr.)
4. O.Y. Chalenko, «Samoorhanizatsiia, entropiia v pryrodі ta ekonomitsi» [«Self-organization, entropy in nature and economics»], *Nauka ta innovatsii – Science and Innovation*, vol. 9, № 4, pp. 13-24, 2013. (Ukr.)
5. K. L. Johnson, «Thermodynamic Aspects of Industrial Waste Formation», *Journal of Industrial Ecology*, vol. 25, iss. 4, pp. 892-904, 2021. doi: 10.1111/jiec.13085.
6. Y. Zhang, and W. Yang, «Thermodynamic Analysis of Resource Utilization and Waste Generation», *Journal of Cleaner Production*, vol. 315, pp. 128-139, 2022. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128933.
7. V.S. Voloshyn, «Shchodo pytannia pro metodolohiiu minimizatsii vidkhodiv u dzhereli yikh vynyknennia – tekhnolohichnomu protsesi» [«On the question of the methodology of waste minimization at the source of occurrence»], *Ekolohichni nauky – Ecological Sciences*, № 2(53), pp. 114-122, 2024. doi: 10.32846/2306-9716/2024.eco.2-53.17. (Ukr.)
8. E.O. Butenko, and V.S. Voloshyn, «Suchasni tekhnolohii ochyshchennia stichnykh vod promyslovykh pidpriemstv» [«Modern technologies for wastewater treatment of industrial enterprises»], in Proc. V Int. sci.-techn. conf. «Water supply and wastewater: design, construction, operation, monitoring», Lviv, 2023, pp. 86-87. (Ukr.)
9. V.S. Voloshyn, and E.O. Butenko, «Vidnosno pytannia pro deiaki normatyvni vymohy shchodo pytnoi vody» [«Regarding the question of some regulatory requirements for drinking water»], in Proc. V Int. sci.-techn. conf. «Water supply and wastewater: design, construction, operation, monitoring», Lviv, 2023, pp. 88-90. (Ukr.)
10. V.S. Voloshyn, and V.A. Burko, «Shchodo pytannia pro vidpovidnist pryntsypu termodynamichnoi dvoiednosti, prychyny vidkhodoutvoriuvannia, druhomu zakonu termodynamiky» [«Regarding the question of the compliance of the principle of thermodynamic duality, the cause of waste generation, with the second law of thermodynamics»], in Proc. XX Int. sci.-pract. conf. «Environmental safety: problems and solutions», Kharkiv, 2024, pp. 160-169.

Стаття надійшла 26.10.2024

Стаття прийнята 06.11.2024

УДК 504.06:504.05

doi: 10.31498/2225-6733.49.2.2024.321363

© Волошин В.С.\*

**ЧОМУ ЛЮДИНА ПОЧИНАЄ ПРОГРАВАТИ КОНКУРЕНЦІЮ  
ЗА ТЕРМОДИНАМІЧНУ НЕРІВНОВАЖНІСТЬ, ЯК ФАКТОР РОЗВИТКУ  
В НАВКОЛИШНЬОМУ ТЕХНОГЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

*У роботі запропоновано до розгляду деякі безпекові умови для людини в навколишньому природному середовищі, через її відношення до термодинамічної*

\* д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-8423-2663, [vsvlshn52@gmail.com](mailto:vsvlshn52@gmail.com)

нерівноважності, розуміючи під цим критерієм можливість оцінки зміни ентропії в екосистемі. В якості методу аналізу беруться закономірності розвитку таких систем послідовно – в області термодинамічної рівноважності, слабкої термодинамічної нерівноважності і сильно нерівноважних систем. Для розрахунку таких співвідношень в ентропії запропоновано використовувати рівняння Л. Онсагера, закономірності, що покладені в основу теореми І. Пригожина, а також формули для обчислення ентропії К. Шеннона, які визначають взаємовідносини з ентропією для інформаційних систем. Аналізу підлягали дві великі групи екосистем, які мають вплив на стан навколишнього середовища, а саме: неорганічна або метало-металоїдна, з одного боку, і група систем з вуглецево-білковою основою, з початковим припущенням певної конкуренції між ними. Показано, що людина, як представник другої групи, в процесі свого розвитку зіткнулась з низкою техногенних процесів, які усувають її претензії на термодинамічну нерівноважність і, тим самим, зменшують її можливості для перспективного розвитку і зменшують її вплив на фактори техногенної безпеки. До них відносяться незворотні процеси техногенного забруднення навколишнього середовища, використання невідновлюваних мінеральних і органічних ресурсів, прояв технологічної інерції у виробництві, зменшення біорізноманіття з вини людини тощо. Однією з таких причин поступово стає залежність людини від властивостей і якостей глобального інформаційного простору, як нового техногенного фактора і його похідних, які при певних умовах можуть ставати здатними привести до небезпечного співвідношення між людиною та глобальним інформаційним простором (ГПП), як частин навколишнього середовища – нездатності для людини мінімізувати ентропію в процесі своєї діяльності. Особливості розвитку штучного інтелекту та ГПП як впливових техногенних факторів в навколишньому середовищі дають можливості для порівняння двох нових техногенних основ, що належать до окремих складових навколишнього середовища і що прийняті для аналізу в роботі, у відношенні до їх рівноправної конкуренції, яку людина ще не програла, але вже і не виграв.

**Ключові слова:** екологічна небезпека, навколишнє середовище, нові техногенні фактори, термодинамічна нерівноважність, ентропія, людина, штучний інтелект.

**V.S. Voloshyn. Why is the human begins to lose the competition for thermodynamic disequilibrium as a factor of development in the technogenic environment.** This work proposes to consider some safety conditions for humans in the environment, due to their relation to thermodynamic non-equilibrium, understanding this criterion as the possibility of estimating changes in entropy in the ecosystem. As a method of analysis, the regularities of development of such systems are taken sequentially—in the field of thermodynamic equilibrium, weak thermodynamic nonequilibrium, and strongly nonequilibrium systems. To calculate such ratios in entropy it is proposed to use the equations of L. Onsager, the regularities that form the basis of I. Prigogin's theorem, as well as formulas for calculating the entropy of K. Shannon, which determine the relationship with entropy for information systems. Two large groups of ecosystems that have an impact on the state of the environment were analyzed, namely: inorganic or metal-metalloid on the one hand, and a group of systems with a carbon-protein base, with the initial assumption of some competition between them. It is shown that man, as a representative of the second group, in the process of his development encountered a number of technogenic processes that aggravate its claims to thermodynamic disequilibrium and, thus, reduce its opportunities for long-term development and reduce its impact on technogenic safety factors. These include irreversible processes of man-made pollution of the environment, the use of non-renewable mineral and organic resources, the manifestation of technological inertia in production, the reduction of biodiversity due to the fault of humans, etc. One of these reasons is gradually becoming the dependence of man on the properties and qualities of the global information space, as a new man-made factor and its derivatives, which, under certain conditions, can become capable of leading to a dangerous relationship between man and HIP, as parts of the environment - the inability of a person to minimize entropy in the process of his activity.

*Features of the development of artificial intelligence and HIP As influential man-made factors in the environment, they provide opportunities for comparison of two new man-made bases that belong to separate components of the environment, and which are accepted for analysis in the work, in relation to their equal competition, which man has not yet lost, but will not win.*

**Keywords:** *environmental hazard, environment, new technogenic factors, thermodynamic disequilibrium, entropy, human, artificial intelligence.*

**Постановка проблеми.** Термодинамічна нерівноважність у навколишньому середовищі планети є своєрідним індикатором її розвитку. Тому умовна конкуренція між окремими складовими екосистемами за такі специфічні стани є надзвичайно актуальним показником для наземної природи в цілому і особливо для її техногенних складових. Беручи до уваги, що кожна з частин відомих екосистем на планеті по-різному прагне до розвитку, пов'язаного з отриманням і засвоєнням зовнішньої енергії, слід розуміти, що стан термодинамічної нерівноважності для них, як критерій такого розвитку та критерій захисту навколишнього середовища, підлягає спеціальному вивченню.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В технологіях охорони навколишнього середовища все частіше використовується такий показник, як глобальний інформаційний простір (ГІП), наслідки якого в суспільстві не обмежуються впливом на сучасні технології в промисловості, агрономії та ін. Позитивні та негативні впливи, що створює ГІП на людину, здавна обговорюються в науковій літературі. Зокрема, обговоренню підлягають інформаційні технології, що забезпечують розвиток людини, але які з відомих причин сприяють погіршенню стану навколишнього середовища. Поряд з відомими методами мінімізації відходів, захисту атмосферного і водного простору планети гостро постає питання про інформаційну безпеку людини як спосіб захисту навколишнього середовища. ГІП як спосіб впливу на безпеку навколишнього середовища є суто амбівалентним. Це системи оптимального управління виробництвом і економікою в цілому, аналізу і вільного доступу до статистики техногенного забруднення навколишнього середовища. Але це ще й глобальне інформаційне забруднення довкілля, яке вже проявляється своїми негативними наслідками для людини.

Нас цікавить вплив ГІП як техногенний фактор, на природні системи з позицій їх термодинамічної нерівноважності. Природа, умовно поділяючись на органічний і неорганічний світи, перебуває в постійній динамічній взаємодії. В основі такої взаємодії, в повній відповідності до другого закону термодинаміки, лежить термодинамічна нерівноважність систем, стани яких змінюються в часі від сильного нерівноважного стану до наближення до повного рівноважного стану в залежності від певних термодинамічних параметрів.

І якщо для систем неорганічного світу та його окремих складових – атмосфери, гідросфери та літосфери – термодинамічна рівновага є суттєво мінливим показником, що залежить від параметричного термодинамічного градієнта, і, у повній відповідності до теореми І. Пригожина, то біологічний світ не може існувати поза такої нерівноважності, випадання з якої означало б для нього припинення існування [1]. У той же час людина поступово стає одним з основних джерел формування термодинамічної нерівноважності на планеті, фактором збереження і концентрації сонячної енергії та обмеження її втрат у навколишній космос [2]. Стан термодинамічної нерівноважності може служити своєрідним, але ефективним критерієм розвитку відкритих екологічних систем. І показником такого розвитку може бути зміна ентропії таких систем. Чим далі екосистема від стану термодинамічної рівноважності і чим нижча її ентропія, тим більше у неї можливостей для власного розвитку. І навпаки, чим ближче система до стану термодинамічної рівноважності і чим вище її ентропійний потенціал росту, тим система менш здатна до розвитку. У загальному випадку співвідношення систем у стані термодинамічної нерівноваги є показником розвитку Природи на Землі. Чим більше локальних світів знаходиться в таких станах, тим різноманітніша Природа, тим більші перспективи її розвитку [3].

Існує безліч факторів як природних, так і штучних, які перешкоджають зростанню термодинамічної нерівноважності в природі [4]. Наприклад, до перших можна віднести природне охолодження ядра планети, деформацію озонового шару, проникнення жорсткого космічного випромінювання на земну поверхню [5]. До штучних факторів можна віднести всі техногенні впливи на природу. Самі техногенні системи також можуть перебувати в нерівноважному стані, але їм

часто потрібно незрівнянно більше енергії для підтримки нерівноважних станів, ніж природним системам [6].

**Мета роботи** – на основі оціночного аналізу зважених показників термодинамічної нерівноважності для різноманітних складових навколишнього середовища визначити вектор розвитку сучасного глобального інформаційного простору та його складових як конкуруючої для людини системи.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо поверхню нашої планети як екосистему, умовно поділену на неорганічний метало-металоїдний світ і світ біологічного різноманіття, що включає саму людину і все, що пов'язано з її існуванням. В енергетичному аспекті таку систему слід розглядати як стаціонарну, термодинамічно нерівноважну, яка має два джерела енергії – сонячне випромінювання і внутрішнє тепло планети. Обидва цих енергетичних потоки, що обозначені як  $J_1$  та  $J_2$ , для нашої системи ми приймемо як стаціонарні, зустрічні та не рівні нулю. Термодинамічні сили, які є джерелами цих потоків, в даному випадку це енергетичний потенціал випромінювання Стефана-Больцмана  $X_1 \sim \left(\frac{0,01}{T^4}\right)$  від Сонця і тепловий градієнт Фур'є  $X_2 \sim \left(\frac{1}{T}\right)$  від ядра планети, пов'язані таким чином, що виконується умова Л. Онсагера для утворення ентропії в слабко нерівноважних системах  $\sigma = \sum_{\gamma} X_{\gamma} J_{\gamma}$ . При цьому кожен  $\gamma$ -збуджуючий потік  $J_{\gamma}$  є функцією термодинамічної сили, що викликає його, у відповідності до феноменологічних коефіцієнтів  $L_{\gamma j}$  таким чином, що  $J_{\gamma} = \sum_j L_{\gamma j} X_j$ , де  $j$  – об'єкт прикладання дії потоку  $J_{\gamma}$ . Звернемося до того, що для умов справедливості лінійних феноменологічних співвідношень сумарне виробництво ентропії в стаціонарній лінійній слабко нерівноважній системі визначається як  $\sigma = \sum_{j\gamma} L_{j\gamma} X_j X_{\gamma} > 0$ . Такий аналіз застосовний там, де система відчуває спонтанний перехід від стану сильної нерівноважності до рівноважного стану.

І далі звернемося до відомої теореми І. Пригожина про мінімум дисипації по відношенню до відкритих екосистем [7]. З неї випливає, що в системах, що знаходяться поза термодинамічною рівноважністю, при достатньому надходженні енергії та речовини ззовні можуть виникати нові впорядковані структури. Ці структури зменшують локальну ентропію системи, хоча глобальна ентропія продовжує зростати. Джерелом зовнішньої енергії і речовини тут є Сонце та об'єкти космічної системи. А стан систем, що адаптуються під такі синергії, це саме стійка термодинамічна нерівноважність.

Показником прояву термодинамічної нерівноважності в екологічних системах є зміна градієнта термодинамічного (за І. Пригожином – хімічного) потенціалу  $\delta\mu$ , який виявляє напрям вектора зміни ентропії  $\Delta S$  в системі. У цьому випадку теорему Пригожина для визначення зміни ентропії в системі за деяким переліком збуджуючих факторів ( $\gamma$ ) можна представити у вигляді

$$(\pm)\Delta S = \sum_{\gamma} [\sigma_{\gamma}(\Delta\tau) - J_{\gamma}\nabla\mu]\Delta\tau; \quad (1)$$

де:  $\Delta S$  – вектор зміни ентропії в певному інтервалі часу  $\Delta\tau$ ;

$\sigma_{\gamma}(\Delta\tau) = \sigma/\tau$  – внутрішня швидкість утворення ентропії по  $\gamma$ -збудженню в інтервалі часу  $\Delta\tau$ ;

$J_{\gamma}$  – зовнішній потік речовини або енергії через  $\gamma$ -збудження;

$\nabla\mu = \left(\frac{\delta\mu}{\delta x}, \frac{\delta\mu}{\delta y}, \frac{\delta\mu}{\delta z}\right)$  – градієнт термодинамічного (хімічного) потенціалу.

Тут вектор зміни ентропії для заданих  $\gamma$ -типів техногенних або природних збуджень показує напрямок швидкості мінімальної зміни ентропії при наявності зовнішнього потоку енергії або речовини. Ця методика застосовується там, де доводиться мати справу з системами, розташованими в стабільно нерівноважному термодинамічному стані. Але там, де головну роль в зміні ентропії відіграє тепла енергія, скористаємося класичним визначенням ентропії.

Важливим у наших розрахунках є зміна ентропії, яка стосується інформаційних систем, включаючи стільниковий зв'язок та інтернет, нейронні мережі та розвинені системи штучного інтелекту (AI). Тут за основу приймемо формулу Шеннона  $H(x) = -\sum_{i=1}^n (P_i \log_2 P_i)$  – як кількість інформації що припадає на подію ( $x$ ), тобто середнє значення ентропії події (bit). Співвідношення між енергетичною ентропією та інформаційною ентропією береться з умови  $S = k_b \cdot H(x) = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot H(x)$ , коли 1 bit =  $9,57 \cdot 10^{-24}$  Дж/К.

Для порівняльного аналізу розрахункам підлягають екологічні системи, що включають природні явища, такі як геологічні, атмосферні та гідрологічні зміни енергії планети, теплообмін поверхні Землі з атмосферою і океанічною зоною, і окремо теплообмін планети з космічним простором. Крім того, розраховуються втрати енергії, які пов'язані з основними видами людської діяльності, включаючи промислову і сільськогосподарську діяльність, вплив на біорізноманітність, формування і підтримку глобальної інформаційної мережі і систем *AI*, з урахуванням інтегрального показника таких процесів.

Основні параметри для аналізу впливу умов термодинамічної нерівноважності по відношенню до глобальних геологічних, гідро- та атмосферних впливів, а також пов'язаних з ними біологічних систем, були отримані розрахунковим шляхом на основі даних робіт [8-26], а також за даними досліджень українських вчених Белявцева Р.Ю. (2012, 2016), Кутаса Р.І. (1978), Лебедева Т.С. (1980), Трипольського А.А. (2004), Гордієнко В.В. (2013). Використані джерела: World Bank. Global Infrastructure – (2017); U.S. Energy Information Administration (EIA-2021); World Energy Statistics (EIA-2022); NASA Earth Observatory. Earth's Energy Budget; IPCC – Climate Change – (2021); NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), World Meteorological Organization (WMO-2022); N-Habitat-2016; Urbanization and Development: Emerging Futures, (FAO-2020); Land Use in Agriculture ICM-2020; Mining Contribution to Land Use. Температурні параметри в розрахунках вибиралися оціночно, виходячи з температурних градієнтів для ареалу впливу тієї чи іншої події, за даними літературних джерел [1, 10-14, 17, 20, 24, 26, 27], а також за даними NOAA, WMO, NASA Earth Observatory, EIA за різні роки спостережень, включаючи розрахунки. Зведені дані для аналізу представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Зведені дані деяких показників для розрахунку зміни ентропії в окремих нерівноважних системах на поверхні планети

| Параметр                                                                                                              | Значення                     | Параметр                                                                 | Значення                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Сукупні енергетичні витрати на будівництво будівель та підтримку промислової та сільськогосподарської інфраструктури. | $5 \cdot 10^{23}$ Дж         | Втрати енергії з Світового океану в атмосферу*.                          | $1,26 \cdot 10^{23}$ Дж/год |
| Енергетичні витрати на будівництво доріг та інших транспортних систем.                                                | $10^{12} \div 10^{14}$ Дж/км | Енергетичні втрати від техногенної діяльності людини                     | $4,2 \cdot 10^{20}$ Дж/год  |
| Сукупні енерговитрати при створенні людської інфраструктури з початку XX століття.                                    | $10^{21} \div 10^{22}$ Дж    | Розрахункове значення енергії, що викидається Землею в космічний простір | $2,39 \cdot 10^{17}$ Дж/год |
| Витрати енергії на утримання глобальних комп'ютерних центрів обробки даних                                            | $2 \cdot 10^{18}$ Дж/год     | Енергія сукупної біомаси в перерахунку на вуглець*                       | $9,35 \cdot 10^{21}$ Дж.    |
| Сукупні енерговитрати на створення глобального інформаційного простору.                                               | $3,3 \cdot 10^{20}$ Дж       | Середньорічна температура та її діапазон на поверхні Землі               | 288K<br>(185÷ 331K)         |
| Енергетичні витрати для підтримки всього Інтернету, включаючи обробку, зберігання та передачу даних.                  | $1,4 \cdot 10^{19}$ Дж/год   | Середньорічна температура і її діапазон по всьому Світовому океану       | 276,5K<br>(275÷ 303K)       |
| Енерговитрати для підтримки всіх інженерних мереж, що знаходяться в суспільному користуванні.                         | $6 \cdot 10^{20}$ Дж/год     | Середньорічна температура за об'ємом атмосфери та її діапазон            | 288K<br>(213÷ +329K)        |

Продовження таблиці 1

| Параметр                                                                                                                      | Значення                                  | Параметр                                           | Значення                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Сумарні енерговитрати на створення всього штучного середовища на Землі, починаючи з древніх промислових епох і до наших днів. | $1,6 \cdot 10^{24}$ Дж                    | Поверхня планети, що покрита стільниковою мережею  | $1,4 \cdot 10^{17}$ м <sup>2</sup>  |
| Енергетичні витрати на переробку всіх накопичених промислових і побутових відходів.                                           | $(6 \div 8) \cdot 10^{20}$ Дж             | Площа поверхні планети з доступом в інтернет       | $3,7 \cdot 10^{16}$ м <sup>2</sup>  |
| Енергія, що виділяється при землетрусах на суші і в океані.*                                                                  | $6 \cdot 10^{19}$ Дж/год                  | Площа території міст і інших населених пунктів     | $3,5 \cdot 10^{15}$ м <sup>2</sup>  |
| Енергія, що виділяється в результаті вивержень вулканів.*                                                                     | $1,5 \cdot (10^{18} \div 10^{19})$ Дж/год | Площі ріллі та земельних угідь                     | $5 \cdot 10^{16}$ м <sup>2</sup>    |
| Енергія, що виділяється найбільшими цунамі.*                                                                                  | $7,7 \cdot (10^{15} \div 10^{16})$ Дж/год | Площа, зайнята відкритими шахтами і кар'єрами      | $5 \cdot 10^{14}$ м <sup>2</sup>    |
| Енергія, що виділяється при атмосферних явищах (грози, смерчі, циклони, урагани тощо).*                                       | $2,5 \cdot 10^{21}$ Дж/год                | Площа промислових і побутових техногенних скупчень | $2 \cdot 10^{14}$ м <sup>2</sup>    |
| Втрати енергії з поверхні суші в атмосферу Землі.*                                                                            | $3,3 \cdot 10^{21}$ Дж/год                | Площа суші на земній поверхні                      | $1,48 \cdot 10^{17}$ м <sup>2</sup> |

\*- опосередкована оцінка

Розрахункові значення відносних показників зміщення вектора зміни ентропії ( $\pm$ ) $\Delta S$  щодо повного виробництва ентропії  $\sigma$  при зовнішньому потоці збурюваної речовини або енергії  $J$  представлені на рис. 1. Зміна ентропії представлена в стані, зведеному до оціночної площі ареалу впливу тієї чи іншої енергетичної дії. Розрахунку піддавалися 62 історично відомих станів окремих органічних і неорганічних екосистем з найбільш суттєвим енергетичним впливом на планету. Зокрема, деякі з них такі.

#### 1. Вибрані приклади та варіанти для аналізу.

Великий чилійський землетрус магнітудою 9,5 бала за Ріхтером. 1960. Оціночна енергетична інтервенція  $1,4 \cdot 10^{19}$  Дж – (поз. 1). Виверження вулкана Тамбора, 1815. Оціночна вивільнена енергія  $1,4 \cdot 10^{18}$  Дж (рік без літа) – (поз. 2). Виверження вулкана Тоба (Індонезія), 74000 років тому. Енергетична інтервенція  $6,0 \cdot 10^{18}$  Дж – (поз. 3). Цунамі в Індійському океані 26.12.2004. Орієнтовна енергетична інтервенція  $1,0 \cdot 10^{18}$  Дж – (поз. 4). Ураган «Патрісія», 2015 р. Орієнтовна звільнена енергія  $1,5 \cdot 10^{18}$  Дж – (поз. 5). Тайфун ТИП, 1979. Оціночна енергетична інтервенція  $1,0 \cdot 10^{18}$  Дж – (поз. 6). Суперциклон Одіша, 1999. Оціночна енергетична інтервенція  $2,4 \cdot 10^{17}$  Дж – (поз. 7). Випробування «Цар-бомби» в СРСР, 1974. Розрахункова вивільнена енергія  $2,1 \cdot 10^{17}$  Дж – (поз. 8). Синергія від сукупності появи штучних людських об'єктів та систем на планеті. Орієнтовна витрачена енергія –  $1,6 \cdot 10^{23}$  Дж – (поз. 9). Проект перекидання вод з центрального і південного Китаю в північні провінції. Розрахункові енергетичні витрати проекту  $8,4 \cdot 10^{16}$  Дж – (поз. 10). Енергетичні витрати за проектом гідроелектростанції «Три ущелини» в Китаї становлять  $1,2 \cdot 10^{20}$  Дж, з річною потужністю  $7,09 \cdot 10^{17}$  Дж/рік – (поз. 11). Енергетичний обмін (виробництво і передача, включаючи синергію) в сукупній біомасі планети в перерахунку на вуглець,  $9,35 \cdot 10^{21}$  Дж – (поз. 12). Зменшення біорізноманіття з вини людини, в перерахунку на вуглець –  $1,1 \cdot 10^{15}$  Дж – (поз. 13). Розрахункова енергетична інтервенція, необхідна для переробки всіх накопичених промислових і побутових відходів –  $(6 \div 8) \cdot 10^{20}$  Дж – (поз. 14). Споживання невідновлюваних ресурсів. Орієнтовна енергія, що звільнилася  $(3 \div 4) \cdot 10^{22}$  Дж – (поз. 15). Оцінковий розмір енергетичного втручання промислових викидів в атмосферу і

гідросферу  $(1,5 \div 2,0) \cdot 10^{20}$  Дж – (поз. 16). Сукупні енергетичні інвестиції на створення глобального інформаційного простору  $3,3 \cdot 10^{20}$  Дж/рік – (поз. 17). Енергетичні витрати на підтримання ГП  $1,4 \cdot 10^{19}$  Дж/рік – (поз. 18).

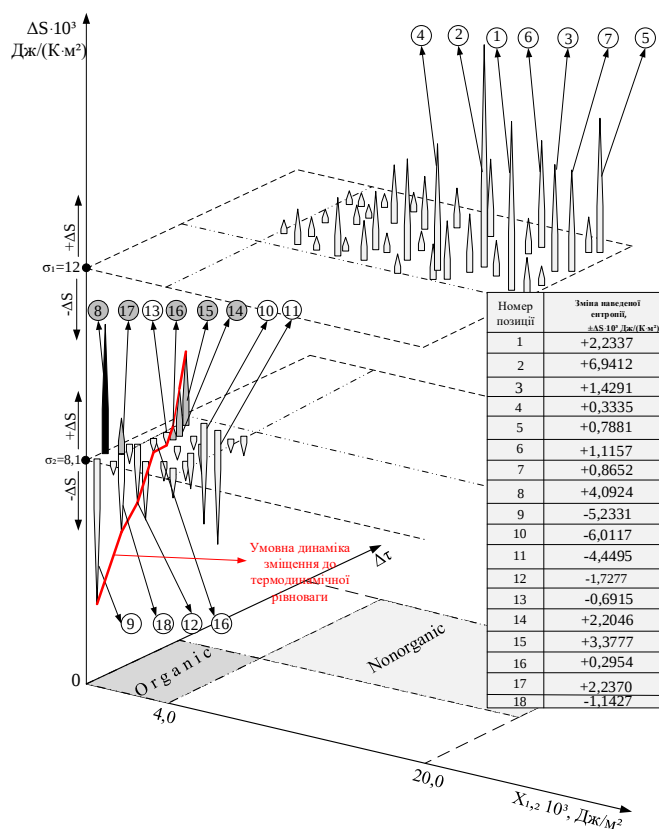


Рис. 1 – Результати параметричного розрахунку термодинамічної нерівноважності стану деяких природних та техногенних систем з навколишнього середовища (позначення в тексті). Темний колір вказує на явища, пов'язані з діяльністю людини в напрямку термодинамічної рівноважності

## 2. Для неорганічного світу.

Як правило, природні процеси, джерелом яких є потужні сили всередині планети, прагнуть привести систему в певний стан, близький до рівноваги, хоча б у визначеному часовому інтервалі  $\Delta t$ . Механізмами такого процесу є зрушення тектонічних плит і пов'язані з ними землетруси, вулканічна активність, а також циклони, урагани, цунамі і подібні великомасштабні явища (поз. 1-7, рис. 1). Вони пов'язані з ростом ентропії в напрямку рівноважності системи. Як правило, такі системи мають позитивно спрямовану зміну ентропії, зведеної до площі ареалу впливу в розрахунковому діапазоні від  $+0,3 \cdot 10^3$  Дж/(К · м<sup>2</sup>) до  $+6,9 \cdot 10^3$  Дж/(К · м<sup>2</sup>), а іноді і більше, при внутрішньому виробництві ентропії для таких систем  $\sigma_1 = 12 \cdot 10^3$  Дж/(К · м<sup>2</sup>).

## 3. Для органічного світу.

3.1. Біологічні системи, як правило, розташовані далеко від стану термодинамічної рівноваги і прагнуть привести систему до максимально можливої термодинамічної нерівноважності. Це, перш за все, все, що пов'язано з фотосинтезом, виникненням і розвитком різноманітності вуглецево-білкової маси (поз. 12, рис. 1). Людина внесла свою лепту в цю термодинамічну нерівноважність, створивши власну інфраструктуру – міста, селища, сільськогосподарські системи різного роду, величезну кількість комунікаційних мереж – залізничної та автомобільної, інформаційно-комунікаційної та супутникової (поз. 9, рис. 1). У кожній такій системі завдяки людській праці локалізується певна вільна енергія, якій людина знаходить застосування у вигляді нових матеріалів, будівель, машин, енергетичних комунікацій для самих різних цілей, в тому числі, нових джерел енергії, яких раніше в природі не існувало. Тому стан термодинамічної нерівноваги є

надзвичайно актуальним як для всього вуглецево-білкового світу, так і для самої людини. Якщо оцінювати зниження відновленої ентропії для біологічних екосистем, то воно знаходиться в межах  $\Delta S_i = (-0,69 \div -6,0) \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{м}^2)$ , що можна порівняти як зі значенням внутрішнього виробництва ентропії для таких систем  $\sigma_1 = 8,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{м}^2)$ , так і з показниками зростання ентропії для неорганічних систем. Тобто білково-вуглецеві екосистеми більш спрямовані до максимальної термодинамічно нерівноважності, ніж неорганічні екосистеми, і людина відіграє тут не останню роль на планеті.

3.2. У процесі антропогенезу людина сформувалася, перш за все, як ще один умовний механізм збереження сонячної енергії на планеті [2]. Цю місію вона здійснювала завдяки своїй трудовій діяльності в різноманітних формах її прояву. Результатом, як правило, ставали синергетичні зміни в речовинах, що знаходяться навколо людського суспільства. Як «концентратор» сонячної енергії людина не могла не вступити в конкуренцію з природою за термодинамічно нерівноважні стани створених нею систем.

3.3. Першим сигналом для людини відносно дисипативних процесів стало забруднення навколишнього середовища, яке поступово набуло незворотного характеру, вже не підвладного природним механізмам утилізації. Маються на увазі промислові та побутові відходи (п. 14, рис. 1), забруднення атмосфери і водного басейну (п. 16, рис. 1), прояв технологічної інерції в самій діяльності людини [6], зменшення біорізноманіття у вуглецево-білковому світі (поз. 13, рис. 1) та ін. Зростання ентропії, викликане такою діяльністю людини, поступово перевищує енергетичні можливості екосистем щодо відновлення і підтримання нерівноважних станів. Тому конкуренція за термодинамічну нерівноважність повинна лежати в основі біологічного життя в цілому і для людини зокрема.

#### 4. Глобальний інформаційний простір як користувач термодинамічної нерівноважності.

Ще однією, несподіваною і часто недооціненою, причиною спостережуваного зсуву процесів, пов'язаних з утриманням людського суспільства в сторону від термодинамічної нерівноважності, може бути поступове формування потужної інформаційної оболонки планети (на сьогоднішній день це вже мережа з майже 800 локальних і національних операторів і близько 8 млн базових станцій стільникового зв'язку, що постійно розвивається і забезпечує послуги зв'язку і доступу до ГПП в окремих країнах і регіонах для 95% населення планети [27]) і прагнення розвивати штучний інтелект (АІ) як метало-металоїдну альтернативу біологічним системам (поз. 17 і 18, рис. 1). Для неї, несподівано, ентропія, яка складається з втрат енергії при створенні мережі і її інформаційної складової, розрахованої за формулою Шеннона, по відношенню до суб'єкта впливу – людини, стає різко позитивною  $\Delta S_{17} = +2,23 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{м}^2)$ , навіть при тому, що експлуатація таких систем в оціночному варіанті для територій зі стабільним інформаційним покриттям для мереж Інтернет, супроводжується синергетичними ефектами і зниженням сумарної ентропії на  $\Delta S_{18} = -1,14 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{м}^2)$

#### 5. Інтерпретація.

Пояснення цьому видно з наступного. Об'єктивність, що доступна людині, завжди знаходиться в межах досяжності її органів почуттів (зору, дотику, слуху і т. д.). Розум і знання дають людині уявлення про величезну кількість предметів і явищ, які знаходяться поза його органами почуттів, але мають реальний сенс без конкретної вербалізації. У цьому контексті ГПП відіграє дуже унікальну роль у системі «людина-машина». Він дозволив зробити віртуальність реальністю і розкріпачити наявну об'єктивність, раніше недосяжну для людини.

Глобальна інформація, як все більш самостійний суб'єкт, для якого людина поступово стає можливим об'єктом застосування, дозволила актуалізувати неймовірно велику кількість людських відчуттів, зробити світ ближче до його органів почуттів. Це безумовний позитив.

Для теми даної роботи негативним є те, що вперше синергетичним початком в даному процесі є не людина, а створена нею об'єктивна реальність – глобальний інформаційний простір і, зокрема, штучний інтелект, що генерується в його надрах, і який вже здатний перехопити ініціативу щодо розвитку напрямку на термодинамічну нерівноважність і мінімізацію ентропії в таких системах без ініціативи самої людини. Вперше умовна система «людина-машина» зіткнулася для себе з обов'язковим збільшенням ентропії і переміщенням її в напрямку термодинамічної рівноважності в порівнянні з тим існуючим, що було раніше створено людиною. Важливим тут є потенційна зміна ролі людини в причинно-наслідкових відносинах в системі «людина-машина». Від її суб'єктності до об'єктності.

Якщо приймати людину як суб'єкта інформаційних систем, то системні процеси впорядкування інформації призводять до зниження інформаційної ентропії, наприклад: за рахунок штучного інтелекту (AI) – на 15-20%; інтернету речей (IoS) – на 7-10%; Big Data – на 10-15%, навчальних систем типу DL або RL – на 20-25%, забезпечуючи загальне зниження ентропії на  $4,4 \div 6,1$  Дж/К. При цьому сама інформаційна система прагне до максимального термодинамічного нерівноважного стану.

Але якщо прийняти людину як об'єкт впливу ГПП, то ті ж згадані системні процеси призводять до невпорядкованості інформації. Це сприяє зменшенню її структурованості і зростанню невизначеності в ГПП для людини як об'єкту впливу, підвищує ентропію людино-машинних систем, роблячи це зростання порівняним з ростом ентропії для багатьох природних явищ (див. рис. 1), а також із зниженням ентропії, характерної для біологічних систем, в тому числі і людини. В цьому випадку інформаційна система, яка включає людину і, зокрема, її AI, прагне до мінімальної термодинамічної нерівноважності. На це вказує наступна послідовність (від суб'єктності людини до її об'єктності):

- «людина замовляє для AI певний алгоритм за допомогою програмного продукту і AI його виконує»;

- «людина пропонує AI виконати певний алгоритм і отримує згоду на виконання»;

- «людина пропонує AI виконати певний алгоритм, але у системи є альтернатива – виконувати чи не виконувати».

По суті, для сучасної людини захист від об'єктності на користь суб'єктності стає домінуючою в конкуренції з AI і ГПП. В її основі лежить фундаментальна теза: «ми ще не знаємо, як змусити найдосконаліші системи штучного інтелекту поводитися так, як ми цього хочемо». Зокрема, лише одна частина цієї тези, що має назву *проблема специфікації* [28], полягає в тому, що важко точно визначити, що ми хочемо, щоб штучний інтелект робив. Наприклад, передбачається поділ проблеми на дві частини:

- суто технічну, що забезпечує здатність AI слідувати запропонованому людиною алгоритму, незважаючи на потенційну можливість виходу за межі цього алгоритму;

- соціальну, що розглядається як соціалізація того, що створюється за допомогою AI, але не належить до нього, а також можливі майбутні реакції AI на таку уявну нерівність і пов'язану з цим соціальну небезпеку для людини.

Відсутність вирішення таких та інших подібних проблем для людини означає небезпеку втрати претензій на частину термодинамічної нерівноважності в природі на користь глобальних інформаційних систем, у тому числі зі штучним інтелектом, а отже, і до втрати частини перспектив власного розвитку.

### Висновки

Людина давно і поступово почала програвати конкуренцію за термодинамічну нерівноважність відносно навколишнього природного середовища через низку факторів, пов'язаних з техногенним впливом, а саме: зростання ентропії в техногенних системах, повільні темпи відновлення природних екосистем, виснаження невідновлюваних ресурсів, скорочення біорізноманіття тощо. Поява глобального інформаційного простору потребувало перегляду ролі та функції людини в таких системах, коли пріоритети в управлінні передаються від людини до суб'єктів з невичерпаною інформацією, обсяги якої роблять її незрівняними з людським мозком навіть з урахуванням його органів почуттів і когнитивності. Останнє починає поступатися своїми позиціями об'єктивності сприйняття і швидкості обробки інформації перед способами формального перебору варіантів, характерними для штучних носіїв інформації – комп'ютерних мереж і штучного інтелекту. Відповідним чином, нові умови поступово стають здатними самостійно перетворювати стани термодинамічної нерівноважності в напрямку від людини до власно метало-металоїдних систем з більш низьким рівнем ентропії, мінімізуючи відомі дисипативні процеси в системах «людина-машина-середовище».

### Перелік використаних джерел:

1. Helgeson H. C. Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures. *American Journal of Science*. 1979. № 277(7). Pp. 729-804. DOI: <https://doi.org/10.2475/ajs.267.7.729>.

2. Волошин В. С. Щодо питання про місце людини на Землі. Варіант дослідження. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : зб. наук. статей XIX Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 14-15 вересня 2023 р. С.118-130.
3. Nicolis G., Prigogine I. Self-Organization in Nonequilibrium Systems. From Dissipative Structures to Order through Fluctuations. New York, London, Sydney, Toronto, 1977. 141 p.
4. Lasaga A. C. Transition State Theory. *Reviews of Geophysics*. 1981. № 19(2). Pp. 201-232.
5. Powell R., Holland T. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 3. Applications to geobarometry, worked examples and a computer program. *Journal of Metamorphic Geology*. 1988. № 6(2). Pp. 173-204. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1988.tb00415.x>.
6. Волошин В. С. Відходи та їх природа. Маріуполь-Київ, 2024. 630 с.
7. Prigogine I. Modern Thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures. Wiley, John Wiley and Sons LTD, 2014. 560 p.
8. Корчин В. О. Зони низьких сейсмічних швидкостей в земній корі і їх петрофізичні особливості. *Геодинаміка*. 2011. № 2(11). С. 122-124.
9. Атлас «Геологія і корисні копалини». 1:5 000 000 / за ред. Л. С. Галецького. Київ: Вид. НАН України, Міністерства екології та природ. ресурсів України, 2001. 168 с.
10. Peixoto J. P., Oort A. H. Physics of Climate. New York : American Institute of Physics, 1992. 520 p.
11. Advancing Volcanic Activity Monitoring: A Near-Real-Time Approach with Remote Sensing Data Fusion for Radiative Power Estimation / G. S. Di Bella et al. *Remote Sensing*. 2023. Vol. 16. Pp. 1-24. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs16162879>.
12. Holton J. R., Hakim G. J. An Introduction to Dynamic Meteorology. 5 ed. Academic Press, Elsevier, 2013. 552 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63394-8>.
13. Salby M. L. Physics of the Atmosphere and Climate. Cambridge University Press, 2012. 717 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139005265>.
14. Knauss J. A., Garfield N. Introduction to Physical Oceanography. 3-d ed. Waveland Press, 2005. 305 p.
15. Inverse Problems, Inverse Methods, and Inverse Models / Wunsch C., Kirk J., Henry J., Yager L. *Encyclopedia of Ocean Sciences*. 3-d ed. 2019. Pp. 502-512. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11262-X>.
16. Emery W. J., Thomson R. E. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. New York : Elsevier, 2001. 638 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2010-0-66362-0>.
17. Morowitz H. J. Energy Flow in Biology: Biological Organization as a Problem in Thermal Physics. *The Journal of Applied Ecology*. 1969. Vol. 6. Iss. 3. Pp. 517.
18. Kauffman S. A. The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution. Oxford : Oxford University Press, 1993. 577 p. DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780195079517.001.0001>.
19. Lineweaver C. H., Davies P. C., Ruse M. Complexity and the Arrow of Time. New York : Cambridge University Press, 2013. 352 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139225700>.
20. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2022. Paris: OECD/IEA, 2022. 524 p.
21. Kanamori H., Brodsky E. E. The physics of earthquakes. *Reports on Progress in Physics*. 2004. Vol. 67(8). Pp. 1429-1496. DOI: <https://doi.org/10.1088/0034-4885/67/8/R03>.
22. Emanuel K. A. Divine Wind: The History and Science of Hurricanes. Oxford University Press, 2005. 279 p.
23. Pielke R. A. Jr., Landsea C. W. Normalized Hurricane Damages in the United States: 1925-1995. *Weather and Forecasting*. 1998. Vol. 13(3). Pp. 621-631. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1998\)013<0621:NHDITU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1998)013<0621:NHDITU>2.0.CO;2).
24. Goody R. M. Sources and sinks of climate entropy. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2000. Vol. 126(569). Pp. 1953-1970. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.49712656619>.
25. Bar-On Y. M., Phillips R., Milo R. The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018. Vol. 115(25). Pp. 6506-6511. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.171184211>.
26. Hoornweg D., Bhada-Tata P. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. World Bank, 2012. 439 p.

27. Report of the International Telecommunication Union on information and communication technologies statistics : note / by the Secretary-General. 2024. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/515803?ln=ru&v=pdf> (дата звернення: 15.08.2024).
28. Russel S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. 1115 p.

#### References:

1. H.C. Helgeson, «Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures», *American Journal of Science*, № 277(7), pp. 729-804, 1979. doi: 10.2475/ajs.267.7.729.
2. V.S. Voloshyn, «Shchodo pytannia pro mistse liudyny na Zemli. Variant doslidzhennia» [«Regarding the question of man's place on Earth. Research option»], in Proc. XIX Int. sci.-pract. conf. «Environmental safety: problems and solutions», Kharkiv, 2023, pp.118-130. (Ukr.)
3. G. Nicolis, and I. Prigogine, *Self-Organization in Nonequilibrium Systems. From Dissipative Structures to Order through Fluctuations*. New York, London, Sydney, Toronto, 1977.
4. A.C. Lasaga, «Transition State Theory», *Reviews of Geophysics*, № 19(2), pp. 201-232, 1981.
5. R. Powell, and T. Holland, «An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 3. Applications to geobarometry, worked examples and a computer program», *Journal of Metamorphic Geology*, № 6(2), pp. 173-204, 1988. doi: 10.1111/j.1525-1314.1988.tb00415.x.
6. V.S. Voloshyn, *Vidkhody ta yikh pryroda* [Waste and its nature]. Mariupol-Kyiv, Ukraine, 2024. (Ukr.)
7. I. Prigogine, *Modern Thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures*. Wiley, John Wiley and Sons LTD, 2014.
8. V.O. Korchin, «Зони низьких сейсмічних швидкостей в земній корі і їх петрофізичні особливості» [«Low velocity zones in the earth crust and them petrophysical features»], *Heodynamika – Geodynamics*, № 2(11), pp. 122-124, 2011. (Ukr.)
9. L. S. Haletskyi, Ed. *Atlas «Heolohiia i korysni kopalyny». 1:5000000* [Atlas «Geology and Minerals». 1:5,000,000]. Kyiv, Ukraine: Publishing House of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, 2001. (Ukr.)
10. J.P. Peixoto, and A.H. Oort, *Physics of Climate*. New York, USA: American Institute of Physics, 1992.
11. G.S. Di Bella, C. Corradino, S. Cariello, F. Torrisi, and C. Del Negro, «Advancing Volcanic Activity Monitoring: A Near-Real-Time Approach with Remote Sensing Data Fusion for Radiative Power Estimation», *Remote Sensing*, vol. 16, pp. 1-24, 2023. doi: 10.3390/rs16162879.
12. J.R. Holton, and G.J. Hakim, *An Introduction to Dynamic Meteorology*, 5 ed. Academic Press, Elsevier, 2013. doi: 10.1016/C2009-0-63394-8.
13. M.L. Salby, *Physics of the Atmosphere and Climate*. Cambridge University Press, 2012. doi: 10.1017/CBO9781139005265.
14. J.A. Knauss, and N. Garfield, *Introduction to Physical Oceanography*, 3-d ed. Waveland Press., 2005.
15. C. Wunsch, J. Kirk, J. Henry, and L. Yager, «Inverse Problems, Inverse Methods, and Inverse Models», *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 3-d ed., pp. 502-512, 2019. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11262-X.
16. W.J. Emery, and R.E. Thomson, *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*, New York, UCA: Elsevier, 2001. doi: 10.1016/C2010-0-66362-0.
17. H.J. Morowitz, «Energy Flow in Biology: Biological Organization as a Problem in Thermal Physics», *The Journal of Applied Ecology*, vol. 6, iss. 3, pp. 517, 1969.
18. S.A. Kauffman, *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1993. doi: 10.1093/oso/9780195079517.001.0001.
19. C.H. Lineweaver, P.C. Davies, and M. Ruse, *Complexity and the Arrow of Time*. New York, USA: Cambridge University Press Publ., 2013. doi: 10.1017/CBO9781139225700.
20. *International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2022*. Paris, France: OECD/IEA Publ., 2022.
21. H. Kanamori, and E.E. Brodsky, «The physics of earthquakes», *Reports on Progress in Physics*, vol. 67(8), pp. 1429-1496, 2004. doi: 10.1088/0034-4885/67/8/R03.
22. K.A. Emanuel, *Divine Wind: The History and Science of Hurricanes*. Oxford University Press Publ., 2005.

23. R.A.Jr. Pielke, and C.W. Landsea, «Normalized Hurricane Damages in the United States: 1925-1995», *Weather and Forecasting*, vol. 13(3), pp. 621-631, 1998. doi: **10.1175/1520-0434(1998)013<0621:NHDITU>2.0.CO;2**.
24. R.M. Goody, «Sources and sinks of climate entropy», *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 126(569), pp. 1953-1970, 2000. doi: **10.1002/qj.49712656619**.
25. Y.M. Bar-On, R. Phillips, and R. Milo, «The biomass distribution on Earth», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115(25), pp. 6506-6511, 2018. doi: **10.1073/pnas.171184211**.
26. D. Hoornweg, and P. Bhada-Tata, *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. World Bank, 2012.
27. Report of the International Telecommunication Union on information and communication technologies statistics : note / by the Secretary-General. 2024. [Online]. Available: <https://digitallibrary.un.org/record/515803?ln=ru&v=pdf>. Accessed on: August 15, 2024.
28. Russel S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th ed.

Стаття надійшла 19.10.2024

Стаття прийнята 05.11.2024