

## ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ З ТОЧКИ ЗОРУ АСТРОЕКОЛОГІЇ

Хом'як І.В.

Житомирський державний університет імені Івана Франка  
вул. Велика Бердичівська, 40, 10005, Житомир  
[ecosystem\\_lab@ukr.net](mailto:ecosystem_lab@ukr.net)

У публікації розглядаються нові можливості для теоретичної та прикладної екології, які з'являються із розвитком її розділу астроекології. Ці інструменти та теоретичні моделі можуть стати ключовими елементами в поступі людства в напрямі подолання екологічної кризи. Незважаючи на більш як півстоліття пошуків та дискусій, реальних результатів вирішення глобальних екологічних проблем не помітно. Це підштовхує розширювати наш погляд на екологію та генеровані нею теоретичні конструкції, а також позбавлятися від зашореності та «земного шовінізму» під час розгляду практичних екологічних завдань. Сучасна астроекологія надає нові ефективні методи для моніторингу та вирішення проблем екологічної кризи. Насамперед це стосується дистанційного зондування Землі. Ми можемо не лише відстежувати такі аномальні явища, як рівень забруднення, фізичні параметри, в тих частинах біосфери, які є недоступними або важкодоступними для наземних досліджень, проводити моніторинг стану конкретних екосистем у режимі реального часу, а й вивчати та картографувати їхню різноманітність. Щоб уникнути хибних рішень під час розв'язання проблем із довкіллям, потрібно враховувати і ті фактори, які генеруються за межами окремих локальних екосистем чи біосфери загалом. Дослідження впливу космічної погоди на окремі біосистеми чи на всю поведінку планети є важливими елементами нашого розуміння глобальних біосферних процесів, які дозволяють нам розробити більш ефективні засоби для подолання екологічної кризи. Також необхідною є ревізія основних екологічних правил і законів з позиції астроекології, що дозволить уникнути хибних узагальнень, які можуть призвести до помилок у наших відношеннях із навколишнім середовищем. Астроекологія працює в більш жорстких умовах, які не допускають панування суб'єктивних поглядів на взаємодію організмів із середовищем. Наприклад, під час підбору надійних біосигнатур чітко відфільтровуються другорядні ознаки, які із земного погляду здаються достатніми. *Ключові слова:* екологічна криза, астробіологія, біосигнатури, космічна погода, дистанційне зондування.

### Global environmental problems in terms of astroecology. Khomiak I.

In this article, we consider new opportunities for theoretical and applied ecology that emerged with the development of astroecology. Astroecology gives us tools and theoretical models that can become key elements for a system of measures to overcome the environmental crisis. We have more than half a century of searching and discussing the problem of the ecological crisis. However, today we cannot see real results in solving global environmental problems. The situation pushes us to expand our view of ecology. We must take a fresh look at the theoretical constructions and get rid of narrow-mindedness and “earthly chauvinism” when considering practical environmental problems. Modern astroecology provides new effective methods of monitoring and solving problems of ecological crisis. First of all, this applies to remote sensing of the Earth. We can not only track the distribution of different types of pollution. We can measure physical parameters where it is impossible or difficult to reach from the earth's surface, monitor the state of specific ecosystems in real time, study and map their diversity. We need to take into account factors that arise outside of individual local ecosystems or the biosphere as a whole to avoid making wrong decisions when dealing with environmental issues. Research into the impact of space weather on individual biosystems or on the entire behaviour of the planet is a very important element of our understanding of global biosphere processes. This will help develop more effective means of overcoming the environmental crisis. We need a revision of basic environmental rules and laws in terms of astrology. This will avoid erroneous generalizations that could lead to errors in our relationship with the environment. Astroecology works in harsh conditions that do not allow subjective views on the interaction of organisms with their environment. For example, selecting reliable biosignatures to look for signs of life. *Key words:* ecological crisis, astrobiology, biosignatures, space weather, remote sensing.

**Вступ.** Усвідомлення екологічної кризи в 60–70-х роках ХХ століття та численні дискусії навколо неї не наблизили нас до її подолання. Разом із боротьбою проти загрозливих змін у навколишньому середовищі потрібно оцінити її стратегію. Адже серія помилкових рішень не лише відтерміновує подолання проблеми, а й може її поглибити. Вже нині на локальному рівні ми бачимо багато випадків, породжених нашими непродуманими кроками [1]. Так, спостерігається зникнення раритетних компонентів біоти під час введення строгої заповідності, в результаті заміни оселищного підходу на строгий заповідний режим в інтерпретації закону

від 2017 року [2]. Наприклад, у Поліському природному заповіднику після введення певного режиму охорони зникли деякі рідкісні види. Також під загрозою опинились степові екосистеми, частина з яких нездатна функціонувати на малих площах без численних популяцій копитних. На іншому кінці нашої планети ми можемо спостерігати, як насадження дерев у заплавах пересихаючих пустельних річок призвело до повного їх знищення. Важливе питання: чи не мають ці локальні провали своє відображення на глобальному рівні?

**Огляд попередніх підходів.** Рішення проблем довкілля, які приймаються на державному та

міжнародному рівнях, завжди є політичними. В демократичних спільнотах політик, щоб утриматися на владному Олімпі, мусить спиратися на ідеї найбільш популярні серед його виборців. Звичайно, він може лише імітувати підтримку цих ідей чи намагатися змінити суспільну думку, але в загальному розрізі його діяльність не може відходити на критичну відстань від основних електоральних трендів. Однак відсоток людей, здатних відносно повно оцінити суть екологічної проблеми, незначний. Оскільки популярність певних ідей формується за законами функціонування мемів [3], то немає ніяких гарантій, що рішення, до якого підштовхує політика його електорат, буде оптимальним і раціональним. Такі рішення можуть бути прийняті лише консенсусом висококваліфікованих дослідників. Однак якщо вони будуть іти в розріз із політичними інтересами представників влади чи громадськості, то будуть проігноровані. З іншого боку, діяльність учених-екологів залежить від волі політиків чи донорів із громадських організацій. Отже, і у них виникає та сама залежність від громадської думки. Це спонукає замість пошуків справді дієвих способів розв'язання екологічних проблем намагатися сподобатися максимальному числу дотичних до результатів дослідження громадян.

Ще однією з проблем на цьому шляху є «земний шовінізм». Ми часто розглядаємо нашу біосферу як замкнену систему, ізольовану від космічних впливів та законів і принципів, за якими функціонує Всесвіт [4]. Це часто можна спостерігати у дослідників, які протягом тривалого періоду вивчають один невеликий за площею регіон. З часом їхня картина світу починає викривлятися, що підштовхує до хибних висновків та інтерпретації фактів, які спостерігаються. Метод погляду на проблему зі сторони, моделювання її не як окремого замкнутого на собі світу, а як частину чогось більшого, завжди приносили гарні результати і робили дослідження більш ефективним і продуктивним. На жаль, нині нами досліджена лише одна біосфера, що заставляє нас робити глобальні висновки на основі одиничних локальних прикладів. Однак методи математичного моделювання [5], космічного моніторингу та побудови моделюючих експериментів [6; 7] і спостережень, які використовує астроекологія, дозволяють поглянути на проблему екологічної кризи зі сторони [8].

**Мета та завдання дослідження** – проаналізувати можливості методів астроекології, зробити більш ефективними зусилля, спрямовані на подолання екологічної кризи.

**Матеріали та методи досліджень.** Матеріалами дослідження є архів публікацій, екологічного спрямування, провідних астробіологічних журналів світу. Проведено тематичний та статистичний аналіз статей у спеціалізованих фахових журналах “Astrobiology” [9], “Astrobiology Magazine” [10], “International Journal of Astrobiology” та інших [11].

### Результати досліджень та їхнє обговорення.

Сучасна астроекологія, з одного боку, є розділом астробіології, а з іншого – класичної екології. У віддаленій перспективі вона буде зосереджена на інтерпланетарних питаннях взаємозв'язку надорганізованих біосистем із навколишнім середовищем. Натепер астроекологія переживає перші етапи становлення як самостійна наука. До розряду астроекологічних належать дослідження угруповань видів екстримofilів [12], панспермії [13], моделювання біосигнатур [14], дистанційного зондування Землі [15] та впливу факторів космічного середовища на біосферу та її елементи [16]. Дослідження основних публікацій вказує на те, що сучасна астроекологія має три важливі частини. Перша спрямована на вивчення впливу космічної погоди на функціонування земного життя на різних рівнях організації. Друга зосереджена на використанні досліджень окремих компонентів біосфери за допомогою системи методів космічного моніторингу стану земного довкілля. Третя – це власне класична астроекологія, яка займається питаннями впливу позаземних умов середовища на ймовірне виникнення та еволюцію життя, моделювання екзоєкосистем, екзобіосфер та пошук відповідних ним біосигнатур [17].

Вплив змін у стані космічного середовища, яке оточує нашу планету, на процеси в її біотичних системах тривалий час ігнорувався. Причиною цьому була складність для дослідження та моделювання системи взаємодії між окремими компонентами «космічної погоди» та реакціями на них біосистем. Незважаючи на роботи біофізиків А.Л. Чижевського [18], С.Е. Шноля [19] та багатьох інших, ідея про потребу дослідження цього взаємозв'язку не набула популярності. Заважала старту масштабних досліджень і глибока світоглядна проблема. Вона викликана антропоцентричним поглядом на світ. Людині вкрай важко визнавати існування сил, які здатні визначати долю частини її оточення, але на які вона не зможе вплинути в осяжному майбутньому. Водночас накопичувалося велике число фактів, коли зміни в активності космічного опромінення викликали реакцію на рівні зв'язків між окремими організмами. Ця реакція проявлялася спочатку на популяційному рівні, а вже потім відбивалася на динаміці екосистем [20]. Так, натепер науковим консенсусом визнається вплив зміни циклів сонячної активності на структуру окремих популяцій і флуктуації в екосистемах. При цьому йдеться не лише про загальне число енергії, яке періодично змінюється, а про інтенсивність її потоку в окремих частинах електромагнітного спектра чи в корпускулярній радіації [19]. Дослідження показали, що не всі популяційні хвилі пояснюються моделлю Лотки-Вольтера [21]. Більш докладний статистичний аналіз вказує на синхронізацію популяційних хвиль із сонячною активністю. Наприклад, у разі зміни активності Сонця в певних частинах спектра та потоку іонів від нього

змінюється концентрація окремих речовин у продуцентах. Це автоматично запускає зміни у всіх популяціях трофічної мережі, пов'язаних із ними. Натепер під час прийняття рішення про зміни чисельності ареалу популяції потрібно обов'язково враховувати цикли сонячної активності. Так, наприклад вважають некоректними висновки про становище раритетних або інвазійних видів, якщо спостереження за структурою їхніх популяцій тривало менше 10–12 років [20; 22]. Саме через такий час вносяться корективи про належність видів до охоронних переліків (національних та міжнародних червоних списків).

Останніми роками все більш широкого вжитку набувають методи космічного зондування землі з природоохоронною метою. Йдеться не лише про глобальні зміни клімату, опустелювання, лісистість тощо. Сучасні методи GIS-моделювання дозволяють працювати на більш тонкому рівні. Порівняння супутникових знімків у певних частинах спектра в поєднанні із дослідженнями екосистем на поверхні Землі дозволяє досить точно визначати їхній тип та стан. Це дозволяє будувати картографічні моделі залежності поширення певних оселищ від умов середовища та їхньої стадії динаміки. Такий напрям відкриває нові перспективи в охороні природи та раціональному природокористуванні. Наприклад, з його допомогою можна оптимізувати ведення лісового господарства. Адже ми в режимі реального часу можемо не лише визначати певні проблеми лісових насаджень (пожежі, поширення шкідників та хвороб), а й планувати лісгосподарську діяльність та перевіряти її відповідність (визначати наявність раритетних оселищ у зоні рубки, встановлювати потребу в санітарній рубці та її ефективність, контролювати площі та якість рубок) [23]. Те саме можна робити і в інших сферах: під час виготовлення документів ОВД та контролю за дотриманням законодавства на їхній основі, плануванні розбудови природоохоронних територій, моніторингу ефективності сільськогосподарських робіт, озеленення міст, боротьбі із поширенням інвазійних видів-трансформерів [20].

Сучасна астроекологія дозволяє поглянути на біосферу не як на ізольовану в межах однієї планети

систему із людиною в її основі, а як на частину динамічного Всесвіту [24]. Наукове вирішення проблем має перевірений роками алгоритм. Після накопичення фактичного матеріалу та його попереднього аналізу обирається ряд кроків, побудованих на основі прийнятих консенсусом учених теорій. На відміну від філософії, наукові теорії побудовані на обмеженому матеріалі й не поширюються на інші феномени за його межами. На жаль, ми часто спостерігаємо, що сьгоднішні рішення екологічних проблем приймаються не в результаті наукового консенсусу, а через популяризацію випадкових ідей людьми, далекими від екологічних досліджень.

Разом із тим в екології, незважаючи на більш як півтораковіку історію, наявні «теорії», де невелике число спостережень стало основою для загальних екологічних законів. Натепер накопичилися численні винятки із цих правил, але вони продовжують кочувати підручниками з екології та беруться до уваги під час прийняття рішень, пов'язаних з окремими аспектами екологічної кризи. Це явище зумовлене когнітивним феноменом під назвою «земний шовінізм». Особливості астроекології в тому, що вона вимушена старанно його уникати. Намагаючись вийти у своїх теоретичних та експериментальних дослідженнях за межі типових умов земної біосфери, вона виробляє правила, які можуть стати універсальними екологічними законами [25]. Тестування екологічних теорій у сфері досліджень астроекології призводить до вдосконалення екології як науки і підвищення її спроможності в подоланні проблем із довкіллям [26–27].

**Висновки.** Сучасна астроекологія надає нові ефективні методи для моніторингу та вирішення проблем екологічної кризи.

Для надійного та швидкого вирішення екологічних проблем необхідне розширення погляду на відносини між біосистемами та їхнім довкіллям за межі локальних екосистем та біосфери Землі.

Необхідною є ревізія екологічних правил і законів з позиції астроекології, що дозволить уникнути хибних узагальнень, які можуть призвести до помилок під час подолання глобальної екологічної кризи.

### Література

1. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. № 3. С. 113–118.
2. Хом'як І.В., Костюк В.С., Гарбар О.В., Демчук Н.С., Андрійчук Т.В., Власенко Р.П., Гарбар Д.А., Онищук І.П., Шпаковська Л.В., Омельчук М.О. Особливості розміщення оселищ із різним ступенем антропогенної трансформації. *Екологічні науки*. 2021. № 7. С. 67–71.
3. Dawkins Richard. *The Selfish Gene*. 3rd edition. Oxford : Oxford University Press, 2006. 192 p.
4. Meehl G.A., Arblaster J.M., Matthes K., Sassi F. van Loon H. Amplifying the Pacific climate system response to a small 11-year solar cycle forcing. *Science*. 2009. No. 5944. P. 1114–1118.
5. Черняєва О.П., Хом'як І.В. Тераформативний потенціал *Elymus repens* (L.) GOULD. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир. 2021. С. 18.
6. Лещенко Д., Хом'як І.В. Рекултивативний та тераформативний потенціал *Carex hirta* L. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир. 2021. С. 54.

7. Золенко І., Хом'як І.В. Перспективи використання *Tusilago farfara* L. з метою тератрансформації та рекультивациї. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир. 2021. С. 32.
8. Бондар С.С., Хом'як І.В. Тератрансформаційні стратегії освоєння незаселених субстратів. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир. 2021. С. 16.
9. Astrobiology. URL: <http://astrobiology.com/> (дата звернення: 22.11.2021).
10. Astrobiology magazine. URL: <https://phys.org/partners/astrobiology-magazine> (дата звернення: 21.11.2021).
11. International Journal of astrobiology. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/international-journal-of-astrobiology> (дата звернення: 20.11.2021).
12. Billi D., Viaggiu E., Cockell C.S., Rabbow E., Horneck G., Onofri S. Damage escape and repair in dried *Chroococciopsis* spp. from hot and cold deserts exposed to simulated space and martian conditions. *Astrobiology*, 2010. No. 1. P. 65–73.
13. Mautner Michael N. Seeding the Universe with Life: Securing Our Cosmological Future. The Society for Life in Space (SOLIS). 2000. URL: <http://panspermia-society.com>. (дата звернення: 23.11.2021).
14. Seager S., Schrenk M., Bains W. An astrophysical view of Earth-based metabolic biosignature gases. *Astrobiology*. 2012. No. 1. P. 61–82.
15. Begni G., Escadafal R., Fontannaz D., Hong-Nga Nguyen A.T. Remote sensing: a tool to monitor and assess desertification. Les dossiers thématiques du CSFD. Issue 2. Montpellier: *Agropolis international*, 2005. 44 p.
16. Cade W.B., Christina Chan-Park. The Origin of “Space Weather”. *Space Weather*. 2015. No. 2. P. 99–103.
17. Хом'як І.В., Шамоніна М.І. Тератрансформаційний потенціал представників роду осокові (*Carex*). *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир. 2021. С. 12.
18. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. Москва : Мысль, 1973. 352 с.
19. Шноль С.Э. Космофизические факторы в случайных процессах. Stockholm : Svenska fysikarkivat, 2009. 388 с.
20. Хом'як І.В. Вплив інвазій видів-трансформерів на динаміку рослинності перелогів Українського Полісся. *Біоресурси і природокористування*. 2018. № 1–2. С. 29–35.
21. Hofbauer J., Sigmund K. Dynamical Systems and Lotka–Volterra Equations. *Evolutionary Games and Population Dynamics*. New York : Cambridge University Press, 1998. P. 1–54.
22. Khomiak Ivan, Harbar Oleksandr, Demchuk Nataliia, Kotsiuba Iryna, Onyshchuk Iryna. Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*. 2019. No. 1. P. 136–146.
23. Guo Huadong, Huang Qingni, Li Xinwu, Sun Zhongchang, Zhang Ying. Spatiotemporal analysis of urban environment based on the vegetation–impervious surface–soil model. *Journal of Applied Remote Sensing*. 2013. No. 8. 084597.
24. Krissansen-Totton J., Bergsman D.S., Catling D.C. On Detecting Biospheres from Chemical Thermodynamic Disequilibrium in Planetary Atmospheres. *Astrobiology*. 2016. No. 1. P. 39–67.
25. Mautner Michael N. Life in the Cosmological Future: Resources, Biomass and Populations. *Journal of the British Interplanetary Society*. 2005. No. 58. P. 167–180.
26. Ribicky, K.R., Denis, C. On the Final Destiny of the Earth and the Solar System. *Icarus*. 2001. No. 1. P. 130–137.
27. Mauldin J.H. Prospects for Interstellar Travel, Prospects for Interstellar Travel Univelt. San Diego : AAS Publications, 1992. 93 p.