

# Three concepts: an academic ecologist's view

Alexander Protasov

Institute of Hydrobiology, NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

## article info

### key words

biosphere, agroecosystem, techno-ecosystem, concept, noosphere, state of war

### correspondence to

Alexander A. Protasov; Institute of Hydrobiology, NAS of Ukraine; 12 V. Ivasyuk Avenue, Kyiv, 04210 Ukraine; Email: [pr1717@ukr.net](mailto:pr1717@ukr.net); orcid: 0000-0002-0204-2007

### article history

Submitted: 20.01.2024. Revised: 09.07.2024. Accepted: 28.07.2024

### cite as

Protasov, A. 2024. Three concepts: an academic ecologist's view. *GEO&BIO*, 26: 32–44. [Ukrainian, with English summary]

## abstract

Human activity not only creates new materials and technologies, changes the nature of natural geochemical processes, which can have a local impact on the biosphere and the processes in it, as V.I. Vernadsky pointed out, but also creates new types of ecosystems—urban ecosystems, where man builds completely new elements and entire systems of biotopes for the existence of their populations, agroecosystems, where through the use of agricultural technology receives the necessary products of a limited number of species of organisms. It also creates techno-ecosystems, where natural elements together with artificial, technical elements create habitats for organisms. The noospherogenesis, in fact, is the formation of a coexisting system of natural and anthropogenic ecosystems. General ecological principles, which to a greater or lesser extent are addressed in the 'Concept of balanced (sustainable) development of agroecosystems in Ukraine for the period up to 2025,' as well as proposals for the creation of the 'Concept of effective and safe operation of techno-ecosystems' are considered. It is pointed out that the concept of 'agroecosystem' should be considered quite broadly, since it can include not only landscapes, but also aquatic environments. Anthropodependent biotic communities include not only agricultural plants, but also a full spectrum of organisms, from bacteria to mammals. It is pointed out that there is a contradiction between the idea of preserving biodiversity in ecosystems and the high productivity of certain significantly dominant populations. It is noted that technical objects do not exist separately from the environment, but create various techno-ecosystems with natural elements, in which there is a close relationship and mutual influence of technical and biotic elements and factors. The environment is also impacted not by technical systems, but by techno-ecosystems. As one of the factors of scientific and practical support of activities in the field of agroecosystems and techno-ecosystems development management, the directions of scientific research in the concept of research development in the Academy of Sciences of Ukraine are considered. Some issues of practical use of the provisions of the EU Water Framework Directive are discussed, namely in the aspect of application to aquatic techno-ecosystems. During military operations, the destructive power of anthropogenic factors increases by many times, the importance of different factors shifts, which should be reflected in the general conceptual provisions of the complexes of interrelations between nature and human activity.

© 2024 The author(s); Published by the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine on behalf of GEO&BIO. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY-SA 4.0), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

# Три концепції: погляд академічного еколога

Олександр Протасов

**Резюме.** Людина своєю діяльністю не тільки, як вказував В. І. Вернадський, створює нові матеріали, технології, змінює характер природних геохімічних процесів, що може чинити локальний вплив на біосферу та процеси в ній, а й створює нові типи екосистем — урбоекосистеми, у яких людина вибудовує абсолютно нові елементи та цілі системи біотопів для існування своїх популяцій, агро-екосистеми, де шляхом використання сільськогосподарських технологій отримує необхідну продукцію обмеженої кількості видів організмів. Також створює техноекосистеми, де природні елементи спільно зі штучними, технічними, створюють середовище існування організмів, тобто впливає на глобальні біосферні процеси. Власне, ноосферогенез і являє собою формування системи співіснування природних екосистем з антропогенними. Розглянуто загальноєкологічні положення, які тією чи іншою мірою представлені в «Концепції збалансованого (сталого) розвитку агроекосистем в Україні на період до 2025 року», а також пропозиції щодо створення нової «Концепції ефективної та безпечної експлуатації техноекосистем в Україні». Вказано на те, що поняття «агроекосистема має розглядатися доволі широко, оскільки вона може включати не тільки рільничі ландшафти сходу, але і акваландшафти, а деякою мірою і лісові екосистеми. Антропо залежні біотичні угруповання включають не тільки сільськогосподарські рослини, а і повний спектр організмів, від бактерій до ссавців. Вказано на те, що існує протиріччя між ідеєю збереження біорізноманіття в екосистемах, та метою отримувати високу продуктивність за рахунок саме окремих суттєво домінуючих популяцій. Відмічено, що технічні об'єкти не існують відокремлено від довкілля, а створюють з природними елементами техноекосистеми, в яких існує тісний взаємозв'язок та взаємовплив технічних та біотичних елементів та чинників. На оточуюче середовище діють також на саме технічні системи, а техноекосистеми. Як один із чинників науково-практичної підтримки діяльності в галузі управління розвитком агроекосистем і техноекосистем розглянуто напрями наукових досліджень у концепції розвитку досліджень в Академії наук України. Обговорюються деякі питання практичного використання положень Водної рамкової Директиви ЄС, саме в аспекті застосування до водних техноекосистем. Під час воєнних дій руйнівна сила антропогенних чинників багаторазово зростає, відбувається зміщення значущості різних чинників, що повинно бути відображено в загальних концептуальних положеннях комплексів взаємовідносин природи та людської діяльності.

Ключові слова: біосфера, агроекосистема, техноекосистема, концепція, ноосфера, воєнний стан.

Адреса для зв'язку: Олександр Протасов; Інститут гідробіології НАН України; проспект Володимира Івасюка, буд. 12, Київ, 04210 Україна; Email: pr1717@ukr.net; orcid: ORCID 0000-0002-0204-2007

## Вступ

Цю статтю у своїй основі було підготовлено ще 2013 року (рік виявився знаменним) для однієї солідної газети-тижневика, але там визнали її надто науковою, та й час був (не тільки з газетно-ефемерного погляду, а й з усіх інших точок зору) вельми складний. Пропонувалася потім редактору журналу «Віче», але так опублікована і не була. Перечитавши рукопис чотири роки потому, я подумав, що він не втратив своєї актуальності, а в дечому навіть передбачив зміни. Те, що я не знайшов відповідного друкованого видання для неї — теж є штрих до портрета часу і місця. Тепер минуло більше десяти років після першого варіанту. Процеси, які почалися десять років тому, призвели до значних соціальних змін, до військового протистояння, відбулися глибокі зміни в міжнародному житті, однак, багато проблем, яких торкнувся роки тому, як і раніше, залишаються актуальними, а деякі стали і більш важливими.

Чому я вважаю, що варто-таки запропонувати читачам цей матеріал із такою давньою основою:

- є вічні проблеми, ті, від яких залежить саме існування людини — ресурси для життя, ресурси для виробництва, зокрема засобів оборони від можливого і реального насильства ззовні;
- є загальні принципи організації різних систем, соціальних, екологічних, відсутність їхнього врахування призводить до того, що ці системи стають недостатньо стійкими і надійними;
- реальне буття, тут і зараз, не відбувається поза зв'язком із минулим, теперішнє є наслідком минулого, спадщина, результат, як і майбутнє не може існувати без зв'язку з теперішнім.

## Концепція сталого розвитку агроєкосистем

Одним зі стимулюючих початкових мотивів підготовки цієї публікації стала одна, ніким, мабуть, не помічена тоді ювілейна дата. Власне й була вона ще в серпні 2013 року, я теж запізнився — був уже грудень. Бурхливий грудень. І мені подумалося: а чи варто взагалі дискутувати про неполітичні, або не прямо політичні питання, про те, що читачам треба зараз. А читачам, народу, як стверджували ще давні римляни, треба «хліба і видовищ», а оскільки видовища швидкоплинні (газетний матеріал), а хліб росте довго, то, начебто, і недоречно писати про хліб, економіку, екологію — речі, як відомо, потрібні, але буденні, надто повсякденні, надто «прозаїчні» в той час, коли пристрасті вирують. Виявилось, що національна ідея, про яку мріяли політики, є! Європа. Раптом багатьом здалося, що треба тільки увійти до «цивілізованого європейського світу» і все прийде само собою. Буде вдосталь і видовищ, і хліба, і чистого повітря, і води...

Минуло ще понад десять років, європейська мета стала ближчою, але певні ілюзії залишилися, що, наприклад, призвело до прикордонних з ЄС конфліктів через транспорт вантажів, у тому числі сільськогосподарської продукції. Але це маленький штрих на тлі гуманітарної та воєнної підтримки більшої частини світу зараз.

Проте, по порядку. У 2013 році виповнилося 10 років після ухвалення документа, начебто вузькогалузевого значення з досить спеціальною назвою: «Концепція збалансованого (сталого) розвитку агроєкосистем в Україні на період до 2025 року» [Concept... 2003]. Тобто, формально, з урахуванням термінів, Концепція і зараз цілком актуальна. Слово «єкосистема», з приставкою «агро-» викликало зв'язок з іншою датою. У 2013 році відзначали 150-річчя від дня народження видатного мислителя, засновника вчення про біосферу Володимира Івановича Вернадського. Далі в голові розвивався дуже вдалий газетний сюжет: великий учений (та ще й перший президент Української академії наук) створив вчення про біосферу, висунув ідею трансформації біосфери в ноосферу — сферу розуму. І ось, реальне втілення цих ідей ... і так далі.

Слово «концепція» походить від латинського «*conceptus*» — поняття, загальна думка, ідея. Загальна думка зазначеного документа визначається буквально так: «забезпечення реалізації ідей, принципів, декларованих конференцією ООН з довкілля та розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) і Всесвітнім самітом зі збалансованого розвитку (Йоганнесбург, 2002 р.), до яких долучилась і Україна».

Якщо говорити без зайвого пафосу, то, справді, поява саме такої концепції є відображенням того, що ідеї В. І. Вернадського, а якщо подивитись в історію глибше, то й Е. Зюсса, А. фон Гумбольдта, Ж.-Б. Ламарка сприйнято та увійшло у повсякденну свідомість. Саме по собі це обнадіює. Будь-яке впорядкування поглядів є однією з форм боротьби з ентропією, яка в побуті набуває різних форм безгосподарності. Якщо хочете, це один із кроків до ноосфери, як писав В. І. Вернадський, сфери розуму. Щоб не плутати «розум» із «розумним устроєм» біосфери, скажімо так: кроків до оптимально влаштованої як для природи, так і для людини антропосфери. Передбачення В. І. Вернадського [Vernadsky 1945] щодо ролі людської діяльності в біосфері більш ніж справдилися: вплив людини на природне середовище, що вже суттєво вийшов за межі найближчого людського життєвого простору, охоплюють усю планету, виходять у космос і навіть на інші планети. Менше 100 років минуло від виходу у світ праці В. І. Вернадського «Біосфера», а тієї біосфери кінця XIX та початку XX століття вже не існує. Це зовсім інша система. І в основі цих глобальних змін лежить діяльність людини. Ось хоча б одне із завдань «Агро- Концепції»: «зменшити площі орних земель до 37–41% території країни шляхом виведення з оранки схилів, земель водоохоронної зони, деградованих, малопродуктивних і техногенно забруднених сільськогосподарських угідь!» Якщо додати до агроєкосистем 5–7% зайнятих містами, приблизно 1 % зайнятих транспортними шляхами, десь 5% під

заводами, електростанціями, Зоною відчуження та іншими землями, що використовуються для різних потреб, то що ж лишилося від цього шматочка саме біосфери, що зветься Україна? Це виглядає так, що більшість природних екосистем вже заміщена агроекосистемами, техноекосистемами, урбоекосистемами. Довідковий матеріал підказує: заповідні території, які можна певною мірою вважати мало порушеними господарською діяльністю, становлять 2,8 млн. га, тобто дещо більше 4,6 % території держави! Тобто «ноосферна» частина становить 95 %.

Як раз у часи, коли створювалась Концепція, було проведено винятково важливе наукове дослідження [Sozinov *et al.* 2004] яке дозволило отримати узагальнене уявлення про масштаб так званої агросфери України. З точки зору біосферології поняття «агросфера України» виглядає не зовсім коректно. Як відомо, Е. Зюсс запропонував поняття «біосфера» по аналогії з літосферою, гідросферою, атмосферою, які є планетарними (звідси — сфера) оболонками Землі. І, дійсно, зараз всі континенти охоплені діяльністю людини по створенню нових екосистем на місці природних. Тобто існування вже агросфери, як нової, антропогенної оболонки у масштабі Землі на визиває сумніву. Таким чином, коректно говорити про українську частину агросфери (планети), або частину агросфери в межах України.

Таким чином, дослідження за допомогою космічного зондування показали, що українська частина агросфери складає майже 0,4 млн км<sup>2</sup>, а це десь 0,3% від загальної площі суходолу Землі (без урахування Антарктиди, де, як відомо, у агросфері — біля пляма). Формально, це може є і не такий вже значний показник, але треба погодитися з авторами дослідження в тому, що українське суспільство живе зараз не в тій біосфері, що була, наприклад, за часів Зюсса, чи Вернадського, а в агросфері. Тобто «спілкування» з біосферою, як такою, відбувається, так би мовити, опосередковано.

Але, як вірно відмічено авторами цього дослідження, хоча агросфера є в значній мірі антропогенною системою, є сукупністю агроекосистем, за своїми принципами вона побудована як біосфера в цілому. Додамо: це є передумовою встановлення тісних зв'язків між агроекосистемами, та, так би мовити, зовнішньою біосферою. При цьому «є всі підстави стверджувати, що фактично соціум мешкає в агросфері, яка значною мірою визначає не тільки рівень забезпечення населення продовольством і промисловості сировиною, а й загальний стан довкілля на всій території України.» [Sozinov *et al.* 2004: 80].

Важливо визначити внесок Концепції в екологічну практику. Варто уваги те, що сухі академічні терміни, як-то «екосистема», «біосфера», виявляються цілком застосовними в практичних справах. Заслуговує на увагу визначення основного об'єкта Концепції — агроекосистеми. Це, як зазначено в тексті, клас (тобто, певна сукупність об'єктів, частина ще більшої сукупності, у цьому разі, всіх екосистем біосфери) природно-антропогенних систем — цілісні сукупності рельєфу, ґрунтів, біоти, водних об'єктів, антропогенних елементів. І далі, у Концепції, абсолютно в дусі відомого екологічного визначення біогеоценозу, яке дав еколог і лісознавець В. М. Сукачов: «агроекосистеми являють собою відносно однорідні ділянки території з певним типом взаємозв'язків між елементами». Визнання цієї однорідності дуже важливе з методологічного погляду, оскільки однорідні елементи цілого підлягають певній систематизації.

Не беруся аналізувати положення концепції з погляду фахівців сільського господарства, але гадаю, що важливо наголосити на деяких моментах екологічного плану. Насамперед коротко звернути увагу на певні суперечності.

До питання про основний предмет — агроекосистему. Слова «аграрний», «аграрій» походять від латинського «ager» — поле, тобто перекладаються точно кажучи, як землероб, хлібороб, рільничий. Суперечність полягає в тому, що автори Концепції, надто суворо дотримуючись латинської термінології, не взяли до уваги, що Міністерство агрополітики, яке свого часу й затвердило концепцію, курає не тільки рільництво, а й інші «-ництва»: тваринництво, рибництво, бджільництво тощо. Тобто всю ту галузь людської діяльності, яка постачає нам білки, жири і вуглеводи, а також волокна, шкіру та іншу сировину.

На жаль, тут порушено задекларований самою Концепцією екологічний принцип: не враховано основних елементів агроєкосистем, без яких вони втрачають свою системність. Наприклад, яке може бути рослинництво без запилювачів — бджіл, джмелів? А ґрунти? А водойми та їхнє населення? Це не тільки важливі елементи ландшафту, агроландшафту зокрема, а й середовище існування об'єктів господарської діяльності. Можна сказати, що це мультифункціональні екологічні елементи. Нагадаємо відому метафору: вода — це кров біосфери. Про водну меліорацію, про надходження «крові» в агроєкосистеми в Концепції немає жодного слова. Що й казати, надто інтенсивна гідромеліоративна діяльність за часів соціалізму надовго закріпила негативний погляд на цей рід загалом вкрай корисних робіт. Але й розраховувати лише на примхи сучасного клімату — справа ризикована. Відносини з водогосподарською діяльністю мали бути позначені в Концепції. Друга функція водойм — акумулятивна. Вони накопичують не тільки воду, а й пестициди, не використані на суходолі добрива. Усе це підземним і поверхневим стоком переміщується у водойми та водотоки. І, нарешті, третя важлива функція — продуктивна. Ще 1875 року німецький гідробіолог В. Гензен проводив розрахунки, згідно з якими рибалки в Балтійському морі добувають стільки ж тваринного продукту — риби — на просторі 400 кв. миль, скільки виробляють наземні господарства зі 180–190 кв. миль сільськогосподарських угідь. Те, що рибоводні ставки — це теж агроєкосистеми, було зрозуміло ще в позаминулому столітті. Але чомусь у Концепції не знайшлося місця ні новим породам коропа, ні введенню в культуру рибництва нових видів риб, таких як доволі екзотичний веслоніс (розробки Інституту рибного господарства Академії аграрних наук).

Екологічні принципи встановлюють системність, жоден із важливих елементів не може бути «викинутий» із системи без порушення її цілісності, а отже — існування як системи.

У першому абзаці Концепції підкреслено, що вона базується на принципах, декларованих у Ріо-де-Жанейро 1992 року на конференції ООН з питань довкілля та розвитку. Одну, мабуть, найпоширенішу ідею Ріо-92 можна висловити парафразом Джона Донна: «Коли не Землі зникає біологічний вид, якоїсь степової рослини, або жаби, або ґрунтової нематоїди, не запитуй: По кому дзвонить дзвін? Він дзвонить по тобі!» У рік 2010, оголошений ООН Роком біологічного різноманіття, Генеральний секретар цієї міжнародної організації Пан Кі Мун проголосив: «Біорізноманіття — це життя. Це — наше життя!» Проблема збереження біорізноманіття відображена в окремому розділі Концепції. Він називається: «Створення умов для збереження та відновлення біорізноманіття в рамках сільськогосподарської діяльності». Абсолютно в дусі часу і сучасної екологічної «моди». Проте, варто звернутися до основ диверсіології — розділу екології, в якому вивчають явище різноманітності у світі живого.

Річ у тім, що абсолютно невірно ототожнювати «біорізноманіття» тільки із загальною кількістю наявних видів організмів. У біосфері, в межах України, в окремій екосистемі. Оцінка розмаїття взагалі, і біологічного, зокрема, базується на двох поняттях — кількості компонентів системи (видових популяцій) і так званій вирівняності [Protasov 2008]. Остання являє собою показник переважання одних популяцій щодо інших, тобто ступень їхнього домінування. Оцінка різноманітності базується на ймовірнісному підході. У тропічному лісі кожна випадково взята рослина з високим ступенем імовірності належатиме до різних видів. Крім того, видів цих багато. Тобто ми говоримо про високе видове багатство і високу вирівняність, а отже, і високу різноманітність усєї біотичної системи. На кукурудзяному ж полі з величезною ймовірністю кожна випадково взята рослина належатиме до виду *Zea mays* — кукурудза. Різноманітність угруповання близька до нуля, навіть якщо під час ретельного дослідження ми виявимо на полі безліч видів інших рослин (які будуть у даному агроценозі, на жаль, бур'янами), оскільки домінування одного виду, причому, за нашою допомогою, є абсолютним. Створення агроценозів і агроєкосистем у більшості випадків і є створення таких потворних, з погляду «дикой» біосфери, біотичних і біокосних систем. Ба більше, ми створюємо їх і підтримуємо

за рахунок колосальних витрат енергії. І це робиться, як виявляється, відповідно до законів тієї ж диверсіології: найпродуктивнішими є малорізноманітні біотичні системи. Так, бур'яни значно збільшили різноманітність наших агроценозів, але ми наполегливо боремося з ними, оскільки наша мета — отримання максимальної продукції певного виду організмів. Природні екосистеми мають більшу різноманітність, ніж агроекосистеми, однак, значна частина енергії, що витрачається ними, йде на підтримання власної складності, відповідно, менше — на виробництво продукції.

То як же нам зберегти високе біорізноманіття більше ніж на половині площі України, якщо воно, відповідно до екологічних законів, неминуче має бути мінімальним, щоб отримувати максимум продукції? Наївно вважати, навіть неспеціалісту, що на 4 % території, у заповідниках воно реально буде збережено. Очевидно, що необхідні «синтетичні» підходи.

Констатація (з певною гіркотою) того факту, що «майже забули про фундаментальні застави функціонування біологічних систем, про обов'язкову наявність відповідного біорізноманіття в агроекосистемах...» [Sozinov *et al.* 2004: 81] не втратила своєї актуальності. Але ж ми не можемо відмінити закономірностей диверсіології, тому треба відкинути як хибну саму ідею підтримки значного БІОрізноманіття в агроекосистемах. При цьому, може, слід звернути увагу на агроекосистему як складну БІОКОСНУ систему, та замислитися про підвищення різноманіття абіотичних складових? До того ж, звернемо увагу, що агроекосистеми є частинами, елементами агросфери, і це є більш високий рівень різноманіття. Засівання тисяч гектарів соняшником, чи рапсом на потребу швидкого отримання прибутків вкрай знижую різноманіття вже не агроекосистем (на цьому рівні воно майже нульове), а саме різноманіття значної частини агросфери планети. А це, напевно є більшим кроком до екологічної катастрофи.

Видається, що за втіленням у життя привабливого і, по суті своїй, правильного гасла збереження біологічної різноманітності стоїть велика дослідницька робота. Світовий форум у Ріо не дав конкретних рецептів, а лише вказав, що часу для того, щоб зберегти багатства біосфери вкрай мало. Гострий дефіцит саме конкретних «рецептів», зміщення економічних пріоритетів, конфліктні ситуації у світі призводять до критичних підходів до самої ідеї збереження біорізноманіття [Zagorodniuk *et al.* 2023].

Необхідно підкреслити, що на підтримання агроекосистем витрачається велика кількість енергії. Екологія — це наука про трансформацію потоків енергії живими (популяції, угруповання організмів) і біокосними (біогеоценози) системами. Енергія — це ключове поняття для будь-якої системи, що має властивість організованості. На кожен квадратний сантиметр поверхні Землі щосекунди надходить 230 тисяч ерг сонячної енергії. Багато це чи мало? Це досить багато, щоб приводити в рух планетарний кругообіг води, підтримувати безперервний рух атмосфери, течій у Світовому океані, підтримувати колообіги речовин у природних і, частково, у штучних екосистемах. І є замало, щоб за нинішніх методів господарства (додамо — принципів і способів розподілу продукції) вдалося нагодувати все населення планети. Саме тому будь-яке завдання «збалансованого (сталого) розвитку» агроекосистем має визначити джерела надходження енергії, додаткової до сонячної.

Енергія — це не тільки екологічна, а й економічна валюта. Гроші, які ми можемо отримати в банку — лише видимий знак енергетичних потоків в економіці. Сталий розвиток агроекосистем (sustainable development), чого прагне і закликає Концепція, яку ми розглядаємо, слідом за концепціями ширшого змісту, вимагає великого внеску додаткової енергії. Зокрема й для підтримання потужних інформаційних потоків, для забезпечення управління. З екологічного погляду, «сталий розвиток», тобто, без кризових ситуацій, різких падінь продукційної активності, можливий тільки для агро- і техноекосистем. Природна ж система існує якраз за рахунок внутрішніх коливальних, нестійких процесів. Як стійко існує система хижак–жертва? Та виключно за рахунок того, що підйом чисельності зайців слідує за спадом чисельності вовків,

криза однієї популяції визначає добробут іншої. А стабілізація системи відбувається на певному рівні, тому що енергетичний ресурс усієї системи цілком обмежений.

Агроекосистема — це екологічна модель соціалістичного господарювання: величезна енергія витрачається на підтримку системи та управління. Смерть радянського соціалізму була вирішена ще в 1930-ті роки, коли державною політикою стала ідея використання дармової енергії табірних рабів, а управлінський апарат на кшталт Держплану розрісся до фантастичних розмірів. Природна екосистема — це капіталізм, коли за рахунок постійного перерозподілу енергетичних потоків, неминучих внутрішніх піднесень і криз, що здійснює автоматичне регулювання, зберігається відносна стабільність усієї системи. Зазначу: більш-менш успішне регулювання. «Менш успішне», яке призводить до неминучих криз і стає драмою та трагедією для окремих особин, родин — усього лише частина системи управління. Крім того, як вказував свого часу батько кібернетики Норберт Вінер, суттєве значення (додам — як і в екосистемах) має фактор випадковості, гри.

Звісно, проблеми і паралелі набагато складніші, і це вже теми більш спеціальних наукових робіт. Але важливо постійно перейматися питанням: як, коли і, головне — за якою ціною ми отримуємо енергію для «сталого розвитку»? І чи може він бути реально «сталим», стійким, якщо коливання є один із механізмів управління і внутрішньої організації системи?

## Техноекосистема

Основна властивість другої Концепції в тому, що її поки що немає в оформленому, документальному вигляді. Тобто, її не можна взяти в руки як реальний документ. Залишимо поки що осторонь питання — чому ні? А розглянемо — чому має бути?

Щоб одразу було зрозуміло, про що йдеться, треба уявити її можливу назву. Це «Концепція ефективної та безпечної експлуатації техноекосистем в Україні». Що таке техноекосистема? Це суто техногенні та/або техногенно-природні оселища (біотопи) з їхнім живим населенням [Odum 2001]. Показовий приклад — штучні водотоки — канали. Це частково або повністю штучні споруди з цілою системою пристроїв для подачі води — насосними станціями, дюкерами, водозабірними спорудами тощо. Канал начебто схожий на річку, це теж водотік, проте має багато принципових відмінностей. Ложе його штучне, не має плесів, перекатів, немає меандрування, що створює у річці особливий режим течій. У річці вода переміщується під дією сил тяжіння, у каналі може подаватися проти сил гравітації, за рахунок насосних станцій. Наприклад, на каналі Дніпро-Донбас 10 насосних, і кожну можна розглядати не тільки як технічну систему, а й як екологічний фактор, антропогенний компонент техноекосистеми.

Теплові чи атомні електростанції потребують великої кількості води, яка використовується для охолодження конденсаторів, різних агрегатів, підготовки деіонізованої води, яка у вигляді пари обертає турбіну. Діючі АЕС України мають водойми-охолоджувачі загальною площею близько 40 кв. км. Температура в деяких ділянках у них може сягати в літній період 38–42°C [Protasov 2011]! Сумарний потік скидних підігрітих вод усіх теплових і атомних електростанцій країни можна порівняти із середньою річкою, на кшталт Південного Бугу чи Десни. Своєрідний термічний режим у водоймах-охолоджувачах, близький до субтропічного, сприяє появі та натуралізації тут екзотичних видів рослин і тварин.

Водойма-охолоджувач разом із каналами, якими вода надходить на електростанцію і якими підігріта вода повертається у водойму, системами технічного водопостачання з їхнім населенням являють собою складну водну частину техноекосистеми АЕС або ТЕС. Крім того, електростанція займає певну територію, на яку тією чи іншою мірою обмежений доступ людей. Ці території можуть виконувати функції своєрідних резерватів для рідкісних представників фауни і флори.

Ці техноекосистеми становлять неабиякий інтерес для фахівців-екологів, зокрема, як модель кліматичних змін. У той час, коли ми тільки будуємо гіпотези щодо того, якими будуть біоценози у водоймах, якщо температура в тому чи іншому регіоні підвищуватиметься за рахунок кліматичних змін, у «модельному» водоймищі-охолоджувачі ми вже зараз маємо такі умови та відповідні біоценози гідробіонтів. Треба зазначити, що не всі електростанції мають відносно замкнуті водойми-охолоджувачі, а використовують так звану прямоточну систему охолодження. Унаслідок чого великі маси підігрітої води потрапляють безпосередньо у водойми, суттєво змінюючи їхній термічний режим. Таким чином, енергетичні станції, як технічні об'єкти, мають різний вплив на навколишнє середовище.

Але є ще одна важлива обставина. Річ у тім, що надійна, безпечна робота багатьох агрегатів залежить від, здавалося б, несуттєвих, мало помітних біологічних факторів. За даними Міжнародної організації, що контролює експлуатацію ядерних реакторів, у 2000–2008 роках у світі відбулося понад 40 серйозних аварійних зупинок на АЕС із причин, пов'язаних із різними біологічними об'єктами. Моллюск дрейсена ще в 1960-х роках завдав величезної шкоди роботі ГЕС на Волзі та Дніпрі. Втрат, які обчислюються мільярдами доларів, завдали ці моллюски електростанціям у США і Канаді при вселенні у Великі американські озера. Витрати на рік на роботи, пов'язані з усуненням біологічних перешкод, спричинених дрейсеною, в середньому для однієї АЕС становили 820 000 доларів на рік [Zebra... 1993]. Різною мірою цей моллюск впливав і на роботу систем водопостачання і на українських АЕС, ГЕС та ТЕС.

Таким чином, ідеться вже не тільки про ефективність, а й про безпеку роботи технічних об'єктів і систем. Система водопостачання АЕС, що нестійко працює через біологічні перешкоди, — надзвичайно небезпечна передумова до аварійної ситуації. Моллюски — це найбільш показовий приклад, але й мікроскопічні водорості планктону також чинять свій негативний вплив. «Цвітіння» води в охолоджувачах, яке вони спричиняють, призводить до підвищення лужності водного середовища, що, своєю чергою, — до різкого підвищення накипоутворення на теплообмінних поверхнях, що призводить до зниження ККД електростанцій, знижує надійність їхньої роботи.

Прикладом того, що, говорячи про безпеку, при розгляді екологічних проблем, треба мати на увазі всю техноекосистему, є сумнозвісна Чорнобильська АЕС. Причиною катастрофи була, власне, технічна система. Однак тепер проблеми пов'язані з техноприродним елементом усієї системи — водоймою — охолоджувачем. Насамперед необхідно зазначити, що остання зіграла величезну позитивну роль, прийнявши та захоронивши величезну кількість радіонуклідів. Однак існує необхідність вирішення питання про його спуск, і до кінця не зрозумілі всі наслідки цього. Таким чином, потенційно небезпечним може стати інший елемент техноекосистеми. (Коли писалися ці рядки (2013 рік), існував тільки проект регульованого спуску водойми, але з 2014 року цей спуск відбувається неконтрольовано за рахунок фільтрації в р. Прип'ять через дамбу, за відсутності підкачки води у охолоджувач). Зараз (2024 рік) на місці водойми-охолоджувача утворилося кілька водойм. Це також приклад відсутності концепції, в даному випадку, виведення з експлуатації об'єктів. Відсутній і загальний, концептуальний підхід до такого роду еколотехнічних катастроф, як знищення греблі Каховської ГЕС.

Питання про те, будувати чи не будувати нові АЕС, додаткові енергоблоки, треба ставити по-іншому: створювати чи не створювати нові техноекосистеми? Це стосується й інших технічних об'єктів — енергетичних станцій, заводів тощо. Погляд екологів, які занепокоєні охороною природи від впливу технічних об'єктів, гуманний і заслуговує на повагу, проте він доволі однобічний, не цілком системний, а отже, не екологічний повною мірою. Дещо спрощуючи, можна сказати, що не тільки навколишнє середовище має бути захищене від впливу технічних систем, а й вони, ці технічні об'єкти, мають бути захищеними від біотичних впливів, у загальному комплексі захисту від природних чинників. Це істотно підвищує надійність

усієї системи — саме системи — техноекосистеми. Тут важливо підкреслити: надійно й ефективно має працювати вся техноекосистема, тільки в цьому разі вона буде певною мірою керована, а отже — максимально безпечна.

## Контроль, моніторинг та оцінки

А управляти системою можна тільки в тому разі, якщо: 1) достовірно відомий поточний стан системи, 2) відомий той стан, який можна вважати прийнятним, необхідним або можливим за даних умов, 3) є методи й умови досягти цього прийнятного стану.

Отже, чи знаємо ми стан наших техноекосистем? Знати стан — це значить мати достовірну інформацію про ризики негативного впливу технічних об'єктів на біотичну частину екосистеми, зворотного впливу біотичних та інших природних чинників, і про ризики для людини та навколишніх екосистем, що можуть походити від контрольованої техноекосистеми. Необхідні, як правило, знання тільки про найголовніші компоненти екосистем, проте «верховенство» тих чи інших не завжди очевидне. Це «верховенство» необхідно встановити шляхом всебічного дослідження угруповань організмів і екосистем.

Було б невірним стверджувати, що на підприємствах, електростанціях не дбають про те, щоб отримувати інформацію про екологічний стан водних об'єктів, які входять до складу техноекосистем. Наприклад, на кожній АЕС існує доволі потужний Відділ охорони довкілля з Еколого-хімічною лабораторією, яка відстежує багато гідрохімічних параметрів. Крім того, радіаційними факторами можливого забруднення опікується спеціальна служба зовнішньої та внутрішньої дозиметрії. Проблема полягає в тому, що самі принципи екологічного контролю вже не відповідають сучасним підходам. Ще в 1970–1980-ті роки в розвинених країнах було досягнуто високого рівня автоматизації контролю вмісту у воді забруднювальних речовин. Але цей напрям не став ключовим, оскільки він не тільки економічно досить дорогий, а й тому, що найточніше знання вмісту тієї чи іншої речовини у воді не дає нам загальної картини, інтегрального погляду на стан екосистеми, відповіді біоти на антропогенний вплив. У 1935 році відомий фахівець у галузі санітарної та технічної гідробіології Я. Я. Нікітінський називав організми «живими хімікатами», а основи біоіндикації якості природних вод були закладені німецькими вченими Р. Колквітцем і М. Марссоном ще 1909 року.

З 2000 року в Євросоюзі існує Водна рамкова директива (*Frame Water Directive 2000*). Принципи оцінки екологічного стану річок, озер, закладені в основу ВРД засновані на використанні біологічної індикації. Що стосується другого пункту умов, точки відліку або необхідного стану, то тут ВРД рекомендує принцип референсних умов, (*reference condition*, перекладається як вихідний стан, контрольні умови). Такими умовами або станом найчастіше обирають стан водного об'єкта в той період, коли вплив людини на нього практично був відсутній. Якою була річка сто років тому, з'ясувати в усіх деталях навряд чи можливо, але достовірно відомо, що в ній водилися лососі. Значить і ми повинні досягти такого екологічного стану, щоб у річці могли жити ці гідробіонти. Завдання, безумовно, непросте. Складно зараз навіть уявити собі обсяг робіт, який належить провести з відновлення водних екосистем, якщо така Директива вступить у дію на території України! (Хода історії стрімка — імплементація ВРД уже йде повним ходом). Заради справедливості слід зазначити, що впровадження ВРД у самій Європі до жодних серйозних революцій у водному господарстві, у методах оцінки якості водного середовища за майже чверть століття не призвело<sup>1</sup>. Зокрема зазначено, що гарного екологічного статусу було досягнуто не більше, ніж для 40% поверхневих вод (річок, озер, перехідних і прибережних вод)...

<sup>1</sup> <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/ecological-status-of-surface-waters>

Найімовірніше, першими кроками впровадження ВРД в Україні мав бути аналіз ефективності на різних прикладах у європейських країнах. У всякому разі — не калька, а обґрунтоване впровадження з урахуванням особливостей гідроекосистем України. Оскільки і екологічні, і економічні умови дуже специфічні. Водна рамкова директива робить наголос на річкових і озерних екосистемах. Але як бути з тими водними об'єктами, які включені до складу техноекосистем? Ні у водосховищ ГЕС, ні у водойм-охолоджувачів АЕС немає доантропогенного минулого. У цьому випадку ВРД рекомендує орієнтуватися на так звані екологічні потенціали. Однак тут автори документа вирішили піти доволі спрощеним шляхом — порівнювати техногенні водойми зі «схожими» природними водоймами та водотоками, наприклад, водосховища з озерами, канали з річками... Це екологічно неправильно, а в деяких випадках, як із гігантськими водосховищами Дніпровського каскаду, просто абсурдно, і тут вочевидь потрібні інші ідеї. Наприклад, для техноекосистем АЕС нами було запропоновано [Protasov *et al.* 2019] використовувати так звані ЕТПУ або екологічно та технічно прийнятні умови, які можуть бути застосовані як еталон порівняння при оцінці екологічного стану (потенціалу).

Запропонована «Концепція ефективної та безпечної експлуатації техноекосистем» якраз і може стати документом, що неминуче має торкнутися питань оцінки умов середовища, ступеня впливу антропогенних чинників на довкілля. Обговорення концептуальних, ключових елементів: що таке техноекосистеми, яким є їхній склад, у чому полягають особливості структури в різних галузях промисловості та енергетики, їхня типізація, принципи розроблення екологічних потенціалів, усе це стало б істотним внеском у розроблення природоохоронних дій, а також розроблення прогнозів отримання екосистемних послуг [Priess *et al.* 2018] на сучасному європейському рівні експлуатації техноекосистем.

Ось такі дві концепції. Одна існує, інша ще має народитися і, гадаю, обов'язково народиться, врешті-решт, інстинкт самозбереження в людині один із найсильніших.

## Наука

Але тут приспіла і третя! Ще одна Концепція, яка могла б істотно збагатити дві перші. Це «Концепція розвитку Національної Академії наук України на 2014–2023 роки». На жаль, над укладачами цієї Концепції, вочевидь, витав дух ностальгійних сімдесятих років минулого століття, коли вважалося, що суспільство винятково гостро потребує дедалі нових промислових технологій, створення яких і є основним завданням науки. Але сьогодні століття XXI! Якщо вже про технології, то наше століття є часом біотехнологій. А якщо поза технологіями, то головні загрози для людства — голод, спрага, виснаження ресурсів біосфери, зміни клімату. Ще раз — на жаль: у Концепції розвитку Академії наук узагалі відсутнє слово «біосфера» (ось тобі й 150-річчя! автора вчення), а термін «екосистема» згадано один раз серед наукових завдань у галузі геофізики (!!) у зв'язку з вивченням еволюції морів. Тож надій на те, що Національна Академія наук, принаймні до 2023 року, зверне свій погляд на проблеми вивчення техно- і агроекосистем, нашої, української частини біосфери і біосфери загалом поки що немає. Так думалося у 2017.

Наразі завдання на 2024–2028 рік для Академії наук сформульовані в «Основних наукових напрямках...» [Resolution ... 2024]. Певним чином на комплекс завдань Академії накладає відбиток її структура, а також зв'язки з іншими академіями. І тут межі та «сфери впливу» не завжди чіткі. Наприклад, суто медичні проблеми, на кшталт створення сучасних вакцин проти патогенів, протипухлинних препаратів, ліків зазначено як завдання по Відділенню молекулярної біології, завдання, пов'язані з сільськогосподарським виробництвом — створення високопродуктивних сортів культурних рослин — по Відділенню загальної біології. У рамках завдань Відділення фізико-технічних проблем енергетики можна знайти комплекс прикладних екологічних проблем: «зниження шкідливих викидів енергетичних об'єктів, зменшення

рівня техногенних фізичних полів». При цьому залишається незрозумілим, яким чином, за якими біотичними, екологічними характеристиками проводиться оцінка ефективності розробок природоохоронного плану, хто і де буде її робити.

Проблема, в обговорюваному нами аспекті, полягає, мабуть, у тому, що в Академії наук, створеній В. І. Вернадським, відсутній напрямок дослідження власне «біокосних» систем (якраз це його термін), у яких немає пріоритету ні для біотичних елементів, ні для косних, включно з антропогенними. У зв'язку з цим, заслуговує на увагу існування в Інституті екології Карпат Відділу екосистемології, а також системна структура Інституту гідробіології, яка все ще зберігається, і ще є можливість у спеціалізованих підрозділах вивчати гідрофізичні, гідохімічні характеристики водного середовища та різноманітність біоти, що дає змогу досліджувати саме цілісні гідроекосистеми різного типу.

А далі, як відомо, в усі плани, обговорення перспектив, втрутилася війна.

## Концепції у военний час

Немає сумніву, що треба погодитися з автором дуже змістовної аналітичної статті І. В. Загороднюком, де зазначено: «Локдаун під час пандемії ковіду та нова хвиля агресії з боку РФ з окупацією 20 % території України, яка супроводжується руйнацією екосистем, надвисокою смертністю всього живого та незворотними порушеннями природних комплексів, призвели до деактуалізації багатьох попередніх напрямів досліджень і усвідомлення необхідності суттєвих змін у визначенні дослідницьких пріоритетів» [Zagorodniuk 2024].

Очевидно, що внаслідок воєнних дій суттєво змінилася сама просторова структура екосистем різного типу, в тому числі агроекосистем. Багато сільськогосподарських земель виведено з використання за їх прямим призначенням. Війна та політико-економічні чинники суттєво змінили структуру екосистемних послуг, ускладнили реалізацію продукції. Виведення з використання саме сільгоспугідь південних областей України призвело до підвищення енерговитрат для виробництва сільгосппродукції в більш північних кліматичних зонах. Однак зберігається основний посыл і основна мета Концепції: створення умов для збалансованого розвитку агроекосистем.

Що стосується Концепції, пов'язаної з техноекосистемами, то в умовах воєнних дій її актуальність стала ще більшою. Практика засвідчила, що багато руйнівних чинників та їхніх наслідків не було враховано під час проектування, створення техноекосистем та їхньої експлуатації. Військові впливи необхідно виділяти в окремий клас антропогенних впливів, які за силою можна порівняти з потужними природними [Afanasyev 2023]. З погляду дослідження й оцінки біорізноманіття слід враховувати, що воєнні дії можуть бути не тільки чинником порушень умов існування, а й чинником зниження занепокоєння (зменшення кількості населення, зниження господарської активності), що може призводити до зростання багатства угруповань, поряд, звісно, і з прямим збіднінням флори та фауни.

## Післямова

Чи актуальні ці, як і інші, наукові та науково-практичні концепції зараз, у період воєнного стану, війни? Видається, що ще більше, ніж у мирний час. Організація, організованість є запорукою і виживання, і перемоги.

Розробляти концепції розвитку чого б то не було — справа невдячна. Життя завжди виявляється багатшим за наші поверхневі прогнози, адже вони базуються лише на аналізі (завжди не дуже глибокого, для цього потрібен час) минулого і аналізі сьогодення. Але концепції розвитку — не міфічний інструмент управління майбутнім, а цілком реальні програми дій. Оскільки, майбутнє, як відомо, народжується сьогодні.

Зараз 2024 рік. Здавалося б, усе навколо змінилося настільки, що всі міркування десятирічної давності вже зовсім не актуальні. Проте... Ось він, приголомшливий приклад виходу

наукової думки за межі буденних масштабів — вчення В. І. Вернадського про ноосферу. Нині, коли наша країна охоплена війною, зовсім по-новому виглядають слова В. І. Вернадського, написані ним у 1945 році: «Зараз ми переживаємо нову геологічну еволюційну зміну біосфери. Ми входимо в ноосферу. Ми вступаємо в неї — у новий стихійний геологічний процес — у грізний час, в епоху руйнівної світової війни» [Vernadsky 1945: 12]. Історичний досвід людства показує, що кризові явища, конфлікти, війни не змогли змінити загального прогресивного розвитку біосфери загалом і людини в ній. Оскільки біосфера реально існує у вигляді дуже складної ієрархічної системи, в основі якої лежить локальна екосистема [Protasov 2017], біогеоценоз, новий шлях еволюції її, пов'язаний з розвитком людського суспільства, розумом, є ні що інше, як шлях взаємодії, взаємовпливу, заміщення природних і антропогенних, антропо-залежних і природних екосистем.

Структурованість є однією за основних властивостей кожної системи. Очевидно, що структурованість управляючої системи має бути адекватною такій, що управляється. Йдеться про те, що фрагмент біосфери в межах держави є єдиною системою. Тому й контроль за всією системою має бути єдиним, об'єднуючи концепції різного рівня. Напевно, саме Академія наук має бути одним з основних розробників саме такої узагальнюючої концепції. Саме академічні екологи мають довести і показати управлінням від природоохорони, що антропо-екосистеми не є потворними створіннями, а закономірно трансформованими людиною природними екосистемами у рамках ноосферогенезу. А «сфера розуму» є система принципів і концепцій, які можуть тією чи іншою мірою регулювати процеси сучасної еволюції біосфери на користь природи і людини.

### Подяки

Автор вдячний кандидату біологічних наук Ігорю Загороднюку, професору Йордану Узуну, кандидату біологічних наук В. І. Придатко-Доліну за обговорення питань, що розглянуті в цій роботі.

### Декларація

Фінансування. Робота не була підтриманою жодним фондом.

Конфлікт інтересів. Автор даної роботи, щодо саме цієї публікації, не має жодних конфліктів інтересів.

### References

- Afanasyev, S. O. 2023. Impact of war on hydroecosystems of Ukraine: conclusion of the first year of the full-scale invasion of Russia (a review). *Hydrobiological Journal*, **59** (4): 3–16. <http://doi.org/10.1615/HydrobJ.v59.i4.10>
- Concept... 2003. *The Concept of Balanced (Sustainable) Development of Agroecosystems in Ukraine for the Period up to 2025*. 2003. Approved by the Order of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 20.08.2003, No. 280. [Ukrainian]
- Nalepa, T. F., D. W. Schloesser (eds). 1993. *Zebra Mussels. Biology, Impacts, and Control*. Boca Raton, 1–810.
- Odum, E. P. 2001. The 'techno-ecosystem'. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, **82** (2): 137–138.
- Priess, J. A., J. Hauck, R. Haines-Young, R. Alkemade, M. Mandryk, [et al.]. 2018. New EU-scale environmental scenarios until 2050 — Scenario process and initial scenario applications. *Ecosystem Services*, **29** (3): 542–551. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.08.006>
- Protasov, A. A. 2008. *Biodiversity and Its Estimation. Conceptual Diversicology*. Kyiv, 1–107. [Russian]
- Protasov, A. A. (ed.). 2011. *Techno-ecosystem of NPP. Hydrobiology, Abiotic Factors, Ecological Assessments*. Kyiv, 1–234. [Russian]
- Protasov, O. O. 2017. *Biogeomics. Ecosystems of the World in the Structure of the Biosphere*. Kyiv, 1–382. [Ukrainian]
- Protasov, O. O., A. A. Silayeva, T. M. Novosiolova, Y. I. Uzunov. 2019. Assessment of Ecological Potential of the Aquatic Technoecosystems on the Basis of Comparative Approach. *Hydrobiological Journal*, **56**: 69–86. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v56.i3.60>
- Resolution... 2024. *The Main Scientific Directions and the Most Important Problems of Basic Research in the Field of Natural, Technical, Social and Human Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine for 2024–2028*. Resolution of the Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine of 10.01.2024. Kyiv, № 8: 1–49. [Ukrainian]

- Sozinov, A. A., Y. N. Shtepa, V. I. Pridatko. 2004. Agrosphere as an object of target research by means of remote sensing and GIS for improvement of management of territorial development of natural biodiversity conservation. *Scientific Notes of the V. I. Vernadsky Tavrichesky National University. Series Geography*, 17 (56) 2: 72–87. [Russian]
- Vernadsky, V. I. 1945. The biosphere and the noosphere. *American scientist*, 33 (1): 1–12.
- Zagorodniuk, I., Z. Barkaszi, O. Protasov, V. Prydatko-Dolin. 2023. The biodiversity concept in crisis? Global tendencies and a view from Ukraine. *Geo&Bio*, 24: 183–213. [Ukrainian] <https://doi.org/10.53452/gb2413>
- Zagorodniuk, I. V. 2024. Natural history field studies in war time Ukraine: changes of priorities. *Visnyk of the National of Sciences of Ukraine*, (4): 58–68. [Ukrainian] <https://doi.org/10.15407/visn2024.04.058>