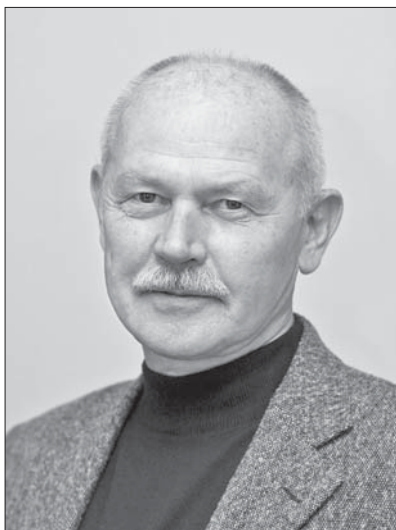


УДК (574.63:621.311.25)005

ТЕХНО-ЕКОСИСТЕМА: НЕМИНУЧЕ ЗЛО ЧИ КРОК ДО НООСФЕРИ?



ПРОТАСОВ

Олександр Олексійович — доктор біологічних наук, професор, керівник лабораторії технічної гідробіології Інституту гідробіології НАН України

Розвиток людської цивілізації зумовлює посилене залучення природних елементів середовища в різні технологічні процеси, технічні системи. Формується новий тип композитних природно-антропогенних систем. Роль їх у біосфері далеко не однозначна. У статті розглянуто концепцію техно-екосистеми на прикладі техно-екосистем енергетичних станцій.

Ключові слова: концепція техно-екосистеми, атомна електростанція, теплова електростанція, екосистема, біотоп.

Вступ

З початком активної людської діяльності біосфера охоплює не лише природні екологічні системи, що самоорганізуються, а й природно-антропогенні. Вони не мають повною мірою внутрішньої стійкості, властивості самопідтримання й саморегуляції, тому потребують для збереження своєї структури постійного втручання людини. Сьогодні життя значної частини людства надзвичайно сильно пов'язане з цими «композитними» системами, кількість і масштаби яких дедалі більше зростають.

Як зазначав відомий російський біолог В.М. Беклемішев, «наші будинки, знаряддя і споруди входять як неживі частини до нової організації живого покриву Землі, яка створюється під впливом людства» [1]. Це відбувалося і на найбільш ранніх етапах становлення людського суспільства, однак лише наприкінці XIX — на початку XX ст. роль антропогенного чинника почала набувати ознак глобальності. Розпочалося формування техносфери — планетарної системи техногенних об'єктів, пов'язаних з людськими популяціями, об'єднаних у своєму функціонуванні енергетичними та речовинними зв'язками як між собою, так і з природними елементами, з біосферою.

Екосистема і техно-екосистема

Як відомо, сам термін і поняття екосистеми були запропоновані відомим британським ботаніком і екологом Артуром

Тенслі [2]. Якими б важливими не були для нас дослідження власне живих організмів, зазначав він, необхідно розуміти, що всі вони існують у тісному зв'язку зі своїм середовищем, утворюючи з ним єдину фізичну систему. Сама ідея взаємозв'язку живого й неживого була не нова, ще в працях Ж.Б. Ламарка, А. Гумбольдта, К. Рульє можна знайти положення про зв'язок організму і середовища його існування [3]. У роботах В.І. Вернадського на початку ХХ ст. також звучали ідеї тісного взаємозв'язку живої і косної речовини в біосфері. Проте заслуга А. Тенслі полягає не лише в тому, що він увів у науковий лексикон такий популярний нині термін «екосистема», а й чітко обґрунтував системний підхід в екології взагалі. Екологія, яку можна було називати екологією Е. Геккеля (він запропонував цей термін у 1866 р.), наука про «економію, спосіб життя, зовнішні життєві відносини організмів один з одним» (цит. за [1]), почала перетворюватися на системну екологію, яка описувала життя на нашій планеті як систему ієрархічних систем, аж до цілісного Лику Землі, який В.І. Вернадський і називав Біосферою. Як зазначав відомий російський еколог О.М. Гіляров [4], «стара екологія» була побудована на основі принципів природничої історії, найважливішим для неї був «опис того, що можна побачити» у величезній **різноманітності** проявів зв'язку живого і середовища існування, тоді як «нова» була покликана виявити приховане на основі встановлення загальних законів, вивчення **одноманітності** структурно-функціональної організації біокосних систем.

Однак як співіснують теперішні ціанобактерії, що мало відрізняються від своїх предків, представників біосфери архею, з одного боку, і наймолодші види організмів, вік яких становить кілька сотень тисяч років, з іншого, так і елементи описової натуральної історії наявні в сучасній екології. Прикладом таких описових досліджень можуть слугувати різні класифікації рослинних угруповань та цілих екосистем [5]. Самі по собі описи, класифікації є хоча й необхідною, важливою частиною системи впо-

рядкованого уявлення про світ, проте втрачають сенс без подальших пошуків закономірностей їх формування.

А. Тенслі не міг обійти питання про роль людини в цій, як він її називав, «єдиній фізичній системі», йому належить також пріоритет терміна й обґрунтування поняття «антропогенна екосистема». Він писав: «Очевидно, що сучасна цивілізована людина порушує розвиток «природних» екосистем у дуже великих масштабах. Чи є людина частиною «природи», чи ні? Ці антропогенні екосистеми відрізняються від тих, які розвивалися незалежно від людини» (цит. за [6]).

На сьогодні повну класифікацію антропогенних екосистем не розроблено, так само, як немає ще і скільки-небудь прийнятної загальної класифікації природних екосистем. Однак у першому наближенні можна виокремити три типи антропогенних екосистем відповідно до різних сфер життя і діяльності людини. Це агроекосистеми, найдавніші, створювані людиною для отримання різноманітної продукції сільського господарства. З розвитком технологій виникли певним чином пов'язані у своїй історії техно- і урбоекосистеми. Зв'язок між двома останніми досить умовний, хоча виникнення технічних систем, які б виступали вже як цілком помітні елементи, що змінюють Лик Землі, пов'язане, як правило, з певною концентрацією населення, «змушеного» проживати у містах.

Термін «techno-ecosystem» використовує відомий американський еколог Е. Одум [7], відаючи термінологічний пріоритет З. Невеху [8], при цьому він звертає увагу на докорінну відмінність природних і техно-екосистем: якщо перші залежать від енергії Сонця, то другі – від енергії різного палива. Як своєрідні екосистеми розглядають сучасні міста [9], які, і на наш погляд, варто виділяти в окремий тип антропогенних екосистем.

Отже, серед екосистем, які частково або повністю створені людиною й існують з її участю, є група (клас) екосистем, в яких одним з їх неживих елементів виступають технічні об'єкти. Це можуть бути різні підприємства, електро-

станції, спеціальні водні об'єкти технічного призначення, транспортні засоби і шляхи, пристрої та системи різних виробництв, території, зайняті технічними об'єктами й ними трансформовані, частини акваторій, системи водопостачання та інші об'єкти. При цьому практично немає жодної великої технічної системи, яка тим чи іншим чином не була б пов'язана з природними системами — ландшафтом, рослинністю, тваринним світом, мікроорганізмами. Перефразовуючи А. Тенслі, можна сказати, що технічні об'єкти тут утворюють з природними «одну фізичну систему». Навіть суто антропогенні техно-екосистеми, на зразок космічної населеної станції, речовинно-енергетичною та інформаційною «пуповиною» нерозривно пов'язані із Землею.

Ми розглядаємо **техно-екосистему** як сукупність складних, композитних біотопів природного і техноантропогенного характеру з їх живим населенням, взаємопов'язаних потоками речовини, енергії та інформації, що змінюються в просторі і часі [10, 11].

Залежно від середовища, в якому функціонує система, вона може бути наземною, водною або змішаною, в цьому її основний зв'язок з Ликом Землі.

Структура техно-екосистем

Співвідношення природних і антропогенних елементів у техно-екосистемі залежить від її конструкції. У системі охолодження АЕС із замкнутим циклом і градирнями суттєво переважають технічні елементи. У системі з водоймою-охолоджувачем значно більше елементів, близьких за своїм характером до природних. Співвідношення природних і технічних елементів у техно-екосистемі може істотно змінюватися в часі і має надзвичайно велике значення. Важливо підкреслити, що техно-екосистеми завжди є енергетично залежними як від природних систем, так і від людини. Як правило, саме природна складова техно-екосистеми забезпечує її відносно стійкий стан. Технічна складова, навпаки, виступає фактором нестабільності.

Основні характеристики та властивості техно-екосистем

Процеси, що відбуваються в техно-екосистемах, визначаються як природними, так і техногенними факторами. Вплив природних потрібно враховувати, а технічні можна певною мірою регулювати. Як приклад можна навести процеси формування угруповань обростання антропогенних субстратів (перифітону) в системах водопостачання ТЕС і АЕС. Необхідною умовою формування таких угруповань є наявність твердого субстрату. Його людина надає організмам перифітону у вигляді облицювань підвідних і відвідних каналів, трубопроводів, теплообмінних поверхонь, камер маслоохолоджувачів тощо.

Техно-екосистеми позбавлені, так би мовити, «біотопічної логіки». Наприклад, в озері прибережна зона змінюється літоральною, потім іде профундаль. У річці також існують більш-менш виражені зони: креналь, ритраль, потамаль. Поєднання, взаємозв'язок техногенних біотопів визначається конструкцією і режимом експлуатації технічних систем. У техно-екосистемі може не бути багатьох топічних елементів, звичайних у природних екосистемах. Так, у штучному водотоці, в облицьованому каналі, зовсім немає таких важливих елементів біотопу лотичних природних систем, як перекази, плеса, меандри, зв'язок із зовнішніми заплавами водоймами. Водночас важливим біотопічним елементом стають насосні станції, різні тверді антропогенні субстрати. У водоймах-охолоджувачах електростанцій на природний термічний режим накладається вплив підігрітих скидних вод, що істотно змінює сезонну динаміку, льодовий режим, стратифікацію водних мас.

Дуже складною є система водопостачання та охолодження Запорізької АЕС (див. рис.).

До системи надходить вода з Каховського водосховища, проте вона попередньо проходить через системи водопостачання Запорізької ТЕС (таким чином техно-екосистема ускладнюється). Далі вода потрапляє у водойму-охолоджувач, по підвідному каналу на

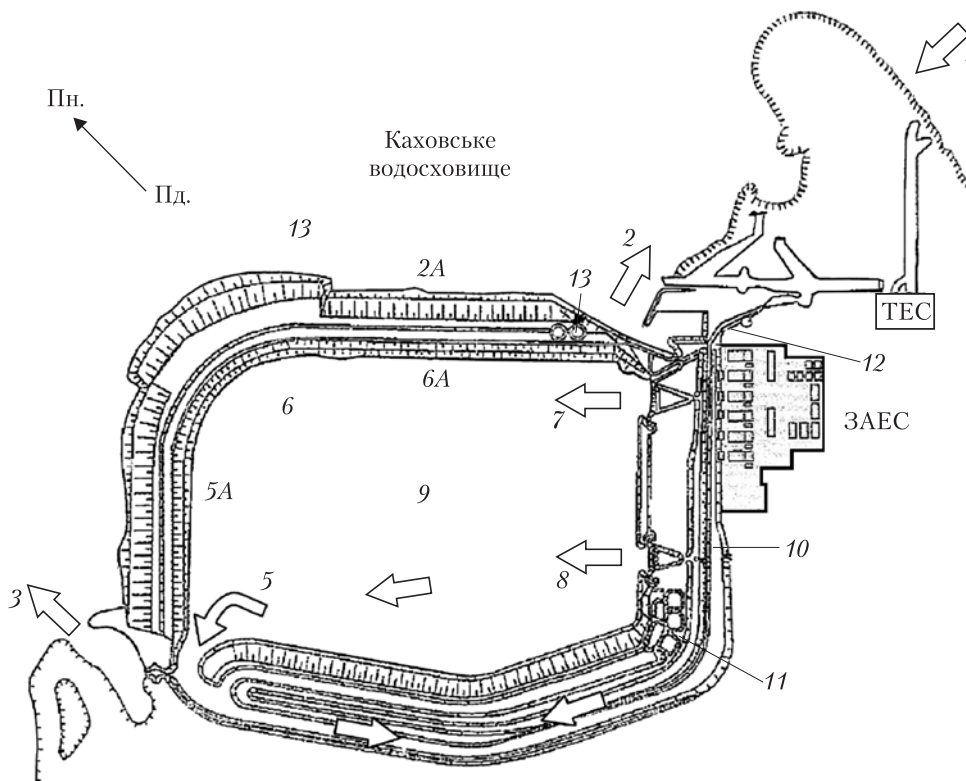


Схема водопостачання і системи охолодження Запорізької АЕС [11]. Стрілками вказано напрямки руху води в системі, літерами А – прибережне мілководдя; цифрами – точки гідробіологічних спостережень. Райони Каховського водосховища: 1 – водозабору; 2 – водоскиду підігрітої води; 3 – виходу з водойми-охолоджувача. Райони водойми-охолоджувача: 5 – західний; 6 – північний; 7 – східний; 8 – південний; 9 – центральний. Канали: 10 – підвідний; 11 – скидний; 12 – підживлювання від відповідного каналу; 13 – скидний від 1-ї градирні

енергоблоки, потім у відвідний канал, бризкальні пристрої, дві градирні, а оскільки діє система майже постійного продування, вода знову надходить у Каховське водосховище, яке, власне, також є техно-екосистемою.

Для техно-екосистем характерні високоградієнтні умови. Так, у разі роботи двох енергоблоків Хмельницької АЕС термічний градієнт за глибиною може досягати 0,5–1,0 °С/м. Постійне підігрівання верхніх шарів води відбувається цілорічно. Для технічних систем характерні різкі перепади швидкості течії, термічних умов, зміни характеру субстрату. У техно-екосистемах можливий послідовно-циклічний зв'язок біотопів, наприклад у разі оборотного водопостачання, коли маси води разом з організмами планктону неодноразово

проходять через насоси й системи охолодження. Причому в цих «циклах» відбувається різка зміна умов.

Різні підходи до проблеми технобезпеки

Одне з протиріч технічного прогресу полягає в тому, що людина постійно розширює коло технічних об'єктів, енергетичних, виробничих, інформаційних систем, однак вони за певних умов приховують у собі загрозу не лише комфорту, а й здоров'ю і власне життю людини. Збільшується кількість технічних пристроїв і об'єктів, вони ускладнюються якісно. Водночас технічні системи стають менш керованими і передбачуваними, більш уразливими до зовнішніх природних впливів. Проблеми

технічної безпеки стоять перед людством дуже гостро.

Є кілька підходів щодо підвищення техно-безпеки. Суто технічний орієнтується на підвищення надійності власне технічних систем [12]. Проте технічні системи не існують ізольовано від природного середовища. Тому пропонуються підходи, що ґрунтуються на розробленні заходів з оптимізації функціонування елементів навколишнього природного середовища, пов'язаних із технічними об'єктами. Зокрема, вводиться поняття гідроекологічної безпеки, тобто підтримання стану водних об'єктів, з якими пов'язані системи водопостачання технічних об'єктів (наприклад, АЕС), у стані, що забезпечує їх ефективну і безаварійну роботу [13, 14]. Є й радикальні пропозиції підвищити техногенну безпеку суспільства шляхом повного знищення особливо небезпечних технічних систем. Так, уряд Німеччини прийняв рішення про припинення експлуатації всіх енергоблоків АЕС у країні до 2022 р.

Однак усі ці підходи не позбавлені певної однобічності. Ефективне підвищення техногенної безпеки можливе лише на основі системного підходу. Людині лише здається, що



Водойма-охолоджувач Запорізької АЕС

заводи, транспортні засоби, електростанції, урбаністичні комплекси, вокзали, аеропорти та безліч інших техногенних об'єктів — це наш світ, світ тільки людини. Усі технічні об'єкти так чи інакше входять до складу нових біокосних систем — техно-екосистем, що тісно контактують з біосферою.

Серйозне конструктивне оцінювання негативного впливу технічних об'єктів як на окремі природні екосистеми, так і біосферу в цілому має ґрунтуватися на системному підході.

Основні патогенні для екосистем агенти, фактори ризику, патотропні ситуації, властиві техно-екосистемам в енергетиці [15, 16]

Техно-екосистеми	Патогенні агенти	Фактори ризику	Патотропні ситуації
Теплові електростанції	Викид парникових газів. Скидання підігрітих вод. Накопичення твердих відходів (золівідвали). Викид хімічних речовин	Якісні та кількісні зміни хімічних і термічних характеристик навколишнього середовища. Вивільнення хімічних речовин із захоронень	Дисхемія — порушення хімічних властивостей середовища. Дистермія — порушення термічних властивостей середовища
Атомні електростанції	Викид радіонуклідів (газоподібні та рідкі). Скидання підігрітих вод. Викид хімічних речовин	Накопичення радіоактивних відходів. Довгострокові наслідки аварійних ситуацій, пов'язаних із викидом радіонуклідів	Дисрадіація — вплив опромінення. Дистермія — порушення термічних властивостей середовища
Гідралічні електростанції	Порушення природного режиму стоку річок. Фрагментація річкових екосистем. Порушення термічного режиму	Порушення природного поверхневого стоку. Акумуляція забруднюючих речовин і біогенів	Підтоплення, заболочування. Залпові скидання великих мас води, непередбачувані коливання рівня. Евтрофування

Це передбачає з'ясування структури і властивостей певних елементів і взаємозв'язків між ними. Потрібен системний підхід до виявлення причин і наслідків екологічних порушень [15, 16]. Фактори ризику, патогенні агенти для екосистем і патотропні ситуації є системами властивостей саме техносистем та їх взаємозв'язків із природними екосистемами, і їх виявлення та дослідження набуває великого значення. Неможливо охопити в одній статті все різноманіття техно-екосистем, наведемо приклади лише для однієї їх групи — систем, пов'язаних з енергетичною сферою (див. табл.).

У таблиці наведено лише найістотніші елементи причинних систем, з якими пов'язані порушення навколишнього середовища. Однак важливо зазначити, що майже всі негативні елементи є «неминучим злом». Наприклад, викид парникових газів можна суттєво знизити за допомогою різних (досить дорогих) технічних засобів, проте не можна виключити повністю при згоранні органічних палив. Теплове забруднення водного середовища під час роботи електростанцій є наслідком законів термодинаміки, і його не можна усунути в принципі. Порушення термічного режиму річок, розташованих нижче від гребель ГЕС, виникає внаслідок оптимізації технічних систем — подавання води на турбіни з нижніх шарів водосховища. Ризик поширення радіонуклідів можна істотно знизити, але його не можна виключити повністю, в тому числі через неконтрольовані природні причини (землетруси, цунамі тощо).

Принципи екологічного оцінювання техногенного впливу на водні екосистеми

Одним із важливих завдань при з'ясуванні ролі техногенних факторів у функціонуванні техно-екосистем є правильна оцінка цього впливу. Слід відзначити світові та європейські тенденції в розробленні принципів саме біологічної індикації антропогенного впливу на водні екосистеми. Екологічний моніторинг на підприємствах, технологічно пов'язаних із водними об'єктами, в тому числі на АЕС, нині побудо-

вано насамперед на оцінці факторів хімічного забруднення. Традиційна система оцінювання на основі порівняння концентрацій різних речовин з їх так званими гранично допустимими (ГДК) не лише досить затратна, а й у принципі малоефективна. Визначаючи окремі фактори, ми не дістаємо уявлення про сукупний ефект. Крім того, навряд чи варто витратити кошти на визначення безлічі хімічних показників, якщо основним екологічним чинником у цій техно-екосистемі є, скажімо, температура. Необхідне знання реакції цілісної екосистеми на комплекс техногенних факторів.

Отже, інформація про біологічний ефект сукупного впливу є ефективною і корисною. Саме це рекомендовано Водною рамковою директивою ЄС 2000/60/ЄС [17] — визначення ефекту антропогенного впливу за біологічними показниками, а саме: станом популяцій водоростей, водних тварин, вищих рослин.

Для природних водотоків і водойм, тією чи іншою мірою порушених людиною, запропоновано встановлення екологічного стану, який порівнюють із так званими «референсними умовами», тобто станом, у якому перебував чи ймовірно міг перебувати цей об'єкт до втручання людини. Заходи з оздоровлення екологічної ситуації мають, таким чином, відповідний «орієнтир» — стан, близький до «референсного».

Для штучних водойм і водотоків або сильно порушених водних об'єктів застосовують поняття «екологічний потенціал». Згідно з Водною рамковою директивою ЄС, екологічний потенціал — це певний прийнятний як для користувача, так і для навколишнього середовища стан водного об'єкта. Це пов'язано з тим, що для сильно змінених чи штучних водойм порівняння з референсними умовами, природним станом неможливе.

Умови в кожному окремому водному об'єкті різні, тому екологічний потенціал слід розробляти для кожної техно-екосистеми з урахуванням технологічної схеми експлуатації з метою усунення біологічних перешкод і мінімізації екологічних ризиків для навколишнього середовища. Розроблення екологічних потенціалів для техно-екосистем створює певну «систему

відліку», певний «еталон», з яким порівнюють одержувані під час моніторингу дані.

Створення екопотенціалів, систем екологічного контролю неможливе без достатніх знань про структуру і функціонування техно-екосистем. Аспекти дослідження техно-екосистем різні. Так, важливим явищем, яке необхідно контролювати у водних техно-екосистемах, є процес біологічних інвазій, тобто спонтанного вселення чужорідних видів організмів, іноді навіть з водойм інших континентів. Наприклад, у водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС виявлено два види моллюсків американського походження, один рідкісний південно-азіатський вид губки, біомаса якої досягла дуже високих значень.

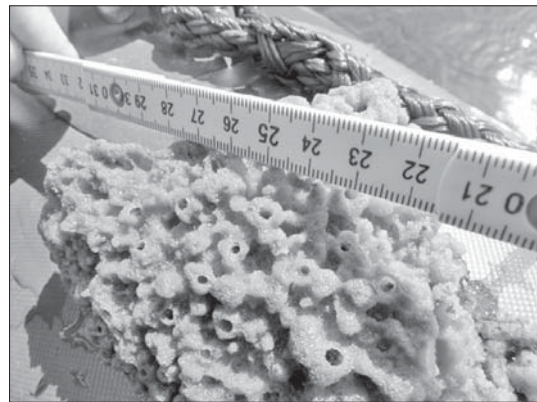
В охолоджувачі Південно-Української АЕС масово розвиваються донні червононогі моллюски тропічного походження. Очевидно, що важливим завданням гідробіологічного моніторингу є постійний контроль так званого біологічного забруднення, процесів можливого вселення нових видів.

Вивчення техно-екосистем

Як це не парадоксально, незважаючи на дедалі більше поширення техно-екосистем, у фундаментальній екології їм приділяють мало уваги як у наукових дослідженнях, так і у сфері навчання. Не знайшли вони свого місця і в еволюційній екології, хоча питання сучасних еволюційних процесів у біосфері надзвичайно важливі. Оскільки техно-екосистеми мають виражену специфіку, дослідження їх доцільно проводити в рамках спеціалізованих наукових дисциплін. В екології наземних екосистем можна виокремити розділ технічної екології. У гідробіології, науці про різноманітні прояви життя в гідросфері, існує напрям досліджень, об'єктом яких є водні техно-екосистеми, – технічна гідробіологія. Цей розділ гідробіології пов'язаний з діяльністю людини, спрямованою на виробництво енергії, матеріалів, виробів, а також з експлуатацією технічних об'єктів у їх зв'язку з гідросферою. В його основу закладено такий принцип: використання технічних сис-



Дослідження гідробіологічного режиму водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС



Губка еунапіус (*Eunapius carteri*) у водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС



Моллюск дрейсена (*Dreissena polymorpha*), який спричиняє значні біологічні перешкоди в роботі систем водопостачання енергетичних станцій

тем у гідросфері не повинно чинити негативного впливу на життєдіяльність людини, має бути безпечним для неї й оточуючих екосистем, однак і технічні системи не повинні відчувати негативного впливу гідробіонтів та їх угруповань. Крім того, біотехнічні системи можна використовувати для поліпшення якості води, отримання додаткової продукції. Існує ціла група техно-екосистем, у яких технічні складові мають конструкції, максимально сприятливі для розвитку гідробіонтів, у результаті життєдіяльності яких техно-екосистеми в цілому набувають властивості біопозитивності. До них можна віднести штучні рифи, біоплато, інші біопозитивні конструкції [18–21]. Отже, при ближчому розгляді може виявитися, що техно-екосистеми не завжди є неминучим злом, їх позитивні властивості можна і потрібно використовувати.

Крок до ноосфери?

Уявлення про ноосферу — новий стан біосфери — В.І. Вернадський виклав, зокрема, в одній зі своїх останніх робіт [22, 23]. В основу логічних побудов він поклав еволюційну ідею, що належить американському вченому Д. Дана, про цефалізацію як генеральний напрям еволюції тварин, у тому числі й еволюції людини. Другою передумовою формування ноосфери є те, що людство у ХХ ст. стає не лише біологічно, а й соціально єдиним. І хоча «людство, разом узяте, становить мізерну масу речовини планети, могутність його пов'язана не з його матерією, а з його мозком» [22]. Перед думкою і діяльністю людини постає питання про перебудову біосфери у новий стан — ноосферу.

Однак відкритим залишилося питання про механізм цієї трансформації. Сама по собі наявність розуму (яку часто-густо можна ставити під сумнів у *Людини розумної* — *Homo sapiens*, зокрема в її стосунках з природою) не приводить до трансформації в біосфері. Реальним шляхом цих змін глобальної біокозної системи біосфери є прогресуюча заміна одних її елементів іншими — антропогенними. Результатом людської праці є не лише машини, механізми,

споруди, заводи, електростанції, а й біокозні системи — агро-, техно- і урбоекосистеми.

Тоді цілком обґрунтованим стає питання: хіба понад 40% площі України, перетворені на агроекосистеми, не є елементом ноосфери, тобто істотно трансформованої частини біосфери? А каскад дніпровських водосховищ, які разом із греблями, ГЕС, шлюзами є досить значними за масштабами техно-екосистемами? У живу мозаїку природних екосистем кількох областей країни людина також «вставила» нові елементи: водойми-охолоджувачі теплових і атомних електростанцій, які разом із системами водопостачання, очисними спорудами, сховищами відходів виступають складними і небезпечними для людини біокозними системами. Перелік прикладів можна продовжити, і він постійно збільшується. За деякими даними, близько третини населеної людиною суші нашої планети — це сільськогосподарські угіддя і території, зайняті містами. Техно-екосистеми — це елементи ноосфери. Не єдині, але одні з найважливіших.

Передбачення В.І. Вернадського щодо трансформацій біосфери нині збуваються повною мірою. Він писав: «Ми входимо в ноосферу, ми вступаємо в неї — новий стихійний геологічний процес...». Однак з останнім хотілося б не погодитися — наукове знання має мінімізувати цю стихійність в інтересах людини. Як уже зазначалося, техно-екосистеми не можуть існувати відокремлено від природних, отже, ноосфера повинна мати складну структуру взаємодії антропогенних і природних екосистем. Біосферу в принципі не можна повністю «замінити» будь-якою «сферою розуму», це антиутопія в дусі Дж. Оруелла або Є. Замятіна, тож ключовим для людства і науки стає питання про оптимальні пропорції антропогенних і природних систем. Причому не тільки в глобальних масштабах, а й у масштабах країни, окремого регіону.

Висновки

Очевидно, що для академічної науки в різнобічному дослідженні явища формування

техно-екосистем та їх входження в систему біосферних зв'язків є широке поле діяльності — від дослідження структури і функціонування реальних техно-екосистем, їх зв'язків з природними біогеоценозами до філософських і соціологічних узагальнень, від нових технологічних рішень окремих виробничих процесів до створення принципів екологічної енергетики. Концепція техно-екосистеми до-

зволяє по-новому підійти до розгляду основних принципів, на яких побудовано природоохоронну діяльність. Вона змінює сам підхід до такої діяльності. Потрібен перехід від прямолінійної «охорони природи» до різнобічного вирішення проблем гармонізації відносин між людиною, її діяльністю, продуктами її праці, антропогенними екосистемами і живою біосферою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беклемишев В.Н. Об общих принципах организации жизни // Бюл. МОИП. Отд. биол. — 1964. — Т. 69, вып. 2. — С. 22—38.
2. Tansley A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms // Ecology. — 1935. — V. 16, N 4. — P. 284—307.
3. Новиков Г.А. Очерк истории экологии животных. — Л.: Наука, 1980. — 287 с.
4. Гуляров А.М. Современная экология под грузом естественной истории // Журн. общ. биол. — 2013. — Т. 74, № 4. — С. 243—252.
5. Moss D. EUNIS habitat classification — a guide for users // European topic centre on biological diversity. — 2014. — <http://diversity.eionet.europa.eu>.
6. Антология экологии / состав. и коммент. Г.С. Розенберга. — Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004. — 394 с.
7. Odum E.P. The “techno-ecosystem” // Bull. Ecol. Soc. Am. — 2001. — V. 82, N 2. — P. 137—138.
8. Neveh Z. Landscape ecology as an emerging branch of human ecosystem science // Adv. Ecol. Res. — 1982. — V. 12. — P. 189—237.
9. Odum H., Odum B. Concepts and methods of ecological engineering // Ecol. Eng. — 2003. — V. 20. — P. 339—361.
10. Техно-екосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / под ред. А.А. Протасова. — К.: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2011. — 234 с.
11. Протасов А.А., Силаева А.А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС. — К., 2012. — 274 с.
12. Лисиченко Г.В. Про стан та вдосконалення системи техногенно-екологічної безпеки на об'єктах ядерно-паливного циклу України // Вісн. НАН України. — 2012. — № 6. — С. 20—26.
13. Романенко В.Д., Кузьменко М.І., Афанасьев С.О. та ін. Проблеми гідроекологічної безпеки атомної енергетики в Україні // Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: зб. тез міжнар. конф. — К., 2011. — С. 57—59.
14. Романенко В.Д., Кузьменко М.І., Афанасьев С.О. та ін. Гідроекологічна безпека атомної енергетики в Україні // Вісн. НАН України. — 2012. — № 6. — С. 41—51.
15. Слепян Э.И. Биосферософское мировоззрение // Между школой и университетом: матер. II Междунар. конф. по экологич. образованию. — Тула, 1996. — С. 72—78.
16. Слепян Э.И. Экология, экоплагология, биосферософия и сохранение биосферы // Биосфера. — 2013. — № 3. — С. 273—278.
17. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. — К., 2006. — 240 с.
18. Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря. — К.: Наук. думка, 2008. — 343 с.
19. Романенко В.Д., Крот Ю.Г., Кирізії Т.Я. та ін. Природні і штучні біоплато. Фундаментальні та прикладні аспекти. — К.: Наук. думка, 2012. — 112 с.
20. Оксюк О.П., Стольберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах. — К.: Наук. думка, 1986. — 176 с.
21. Протасов А.А. Пресноводный перифитон. — К.: Наук. думка, 1994. — 307 с.
22. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера // Выбранные научные работы академика В.И. Вернадского. Т. 4, кн. 2. — К., 2012. — С. 453—465.
23. Vernadsky V.I. The Biosphere and the Noosphere // American Scientist. — 1945. — V. 33, N 1. (Executive Intelligence Review. February 18, 2005. — www.larouche.com.)

Стаття надійшла 11.03.2014.

A.A. Protasov

Институт гидробиологии Национальной академии наук Украины
просп. Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210, Украина

ТЕХНО-ЭКОСИСТЕМА: НЕИЗБЕЖНОЕ ЗЛО ИЛИ ШАГ К НООСФЕРЕ?

Развитие человеческой цивилизации приводит к усиленному вовлечению природных элементов среды в различные технологические процессы, технические системы. Формируется новый тип композитных природно-антропогенных систем. Роль их в биосфере далеко не однозначна. Рассмотрена концепция техно-экосистемы на примере техно-экосистем энергетических станций.

Ключевые слова: концепция техно-экосистемы, атомная электростанция, тепловая электростанция, экосистема, биотоп.

A.A. Protasov

Institute of Hydrobiology of National Academy of Sciences of Ukraine
12 Heroev Stalingrada Ave., Kyiv, 04210, Ukraine

TECHNO-ECOSYSTEM: INEVITABLE EVIL OR STEP TO NOOSPHERE?

Development of human civilization results in an increase engaging of natural elements of environment in number of technological processes, technical systems. The new type of the composite nature-anthropogenic systems is forming now. The role of them in a biosphere is far ambiguous. Concept of techno-ecosystem on the example of techno-ecosystem of the power stations is considered.

Keywords: concept of techno-ecosystem, nuclear power plant, thermal power plant, ecosystem, biotope.