

Добровольський Валерій Володимирович, доцент, канд. техн. наук, декан департаменту екології МФ НаУКМА. Рік народження – 1931; член-кореспондент (УЕАН) Української екологічної академії наук; основний напрямок досліджень – загальна екологія; всього опубліковано 122 друкованих праці; нагороди – медаль "За трудову відзнаку", Грамота Президії Верховної Ради України

УДК 577.4.001.57

Добровольський В.В.

Проблеми моделювання системи "Природа - Людство"

1. Актуальність проблеми.

Кожен відчуває значне погіршення стану навколишнього середовища в останні роки: збільшується забруднення води і повітря, поширюються традиційні хвороби та поновлюються раніш "переможені", все більше бруду та сміття навколо житла та таке інше.

Не краще становище і в масштабах планети: збільшується кислотність опадів, "лихоманить" погоду, зменшується потужність захисного озонового прошарку в атмосфері, підвищується рівень радіації літосфери та світового океану. Все частіше чуємо про наближення глобальної екологічної катастрофи. Вчені, політичні діячі, міжнародні організації обговорюють реальність загрози та можливі шляхи порятунку людства.

Аналіз сучасної ситуації в світі здійснено на конференції ООН по навколишньому середовищу і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992 рік). Вперше політичним діячам довелося прийняти рішення про необхідність зміни світогляду людства. Вони визнали, що ідеал економічно розвинутих країн, високий рівень життя і могутність меншості недосяжні для країн Азії, Африки і Латинської Америки. Неможливо всім країнам рухатись по шляху, котрим розвинені держави прийшли до свого добробуту. Природа не витримає такого росту споживання.

В зв'язку з цим конференція в Ріо проголосила необхідність переходу на рейки сталого розвитку, який забезпечить необхідний баланс між вирішенням соціально-економічних задач і збереженням навколишнього середовища, задоволення головних життєвих потреб сучасного покоління із збереженням таких можливостей для майбутніх поколінь.

Оцінка антропогенного впливу на екологічні негаразди фахівцями неоднозначна. Одні вважають, що негативні зміни є наслідком людської діяльності, яка досягла розмірів набагато більших, ніж рівень природних процесів. Наприклад, в США гірничо-промисловість разом з будівельною за рік переміщує 7,6 млрд. тонн твердої речовини, в той час як природні процеси переміщують не більше одного мільярда тонн [1]. Автомобілі викидають в атмосферу з відпрацьованими газами сполук свинцю в 28 разів більше, ніж викидається їх внаслідок вивержень вулканів, ерозії та інших природних явищ. Ще в 70-ті роки людство виробляло в 2000 разів більше відходів органічного походження, ніж вся біосфера [2]. Зараз цю цифру треба майже подвоїти.

Інші дослідники вважають техногенний вплив не вирішальним і наводять не менш переконливі цифри [3, 4]. Наприклад, зміна глобальної температури поверхневого шару атмосфери внаслідок антропогенних факторів вимірюється частками градуса, в той час як природний парниковий ефект підвищує цю температуру на 30 градусів [5].

Можливість появи таких діаметрально протилежних тлумачень відображає складність процесів, які відбуваються на планеті, і недостатність людських знань про них, тому на шляху до екологічної безпеки людства ще багато загадок (механізм регулювання постійної кількості кисню в атмосфері, малий вплив знищення лісів на рівень оксидів вуглецю в повітрі та інше) [3]. Ніхто сьогодні чітко не уявляє, як поведе себе далі біосфера і що робити для запобігання глобальній екологічній кризі.

Видатний вчений-космолог М.М.Моїсєєв пише, що сучасні "привласнюючі" цивілізації вичерпали свої можливості і людству даються дві альтернативи: або жити по-старому, або перейти до нового типу цивілізації.

В першому випадку його чекає планетарна екологічна криза, боротьба за ресурси, котрих на всіх не вистачить, тоталітарне управління "золотого мільярда" (перші прояви котрого ми спостерігаємо уже зараз) і врешті-решт деградація та зникнення людини як біологічного виду.

Друга альтернатива: людство, спираючись на колективний розум, знайде шлях до створення суспільства, здатного до сумісного розвитку з біосферою, тобто зможе перейти в епоху ноосфери (сфери розуму) – блакитної мрії В.І.Вернадського [2].

Третій сценарій прогнозують В.А.Зубаков і І.Малахов [6, 7]. У наступному столітті техносфера повністю витіснить біосферу. Людина як біологічний вид існувати не зможе. На зміну йому прийде симбіоз людського інтелекту з штучним біокібернетичним творінням, тобто кіборг.

Наведені та інші варіанти подальшого розвитку біосфери і людства побудовані на філософських посылках без необхідних математичних обґрунтувань. Справа в тому, що система "природа – людство" являє собою суперскладну систему з надзвичайно великою кількістю складових, взаємовплив яких в більшості випадків ще не з'ясовано. Тому серед проблем, які стоять перед сучасною наукою, дві вважаються найактуальнішими – створення глобальної моделі біосфери, необхідної для прогнозування поведінки системи "природа – людство", і поповнення знань про природні процеси в умовах антропогенного тиску. Вирішення цих проблем потребує консолідації зусиль наукових колективів різних країн, координації

експериментальних і теоретичних розробок, виділення великих матеріальних коштів, що маловірогідно в найближчі роки.

За цих умов актуальним є виконання попередніх досліджень, головним чином методологічного характеру, необхідних як експериментаторам, так і розробникам моделей. Одним з таких питань є задача про зв'язки між складовими екосистем різного рівня.

2. Екосистеми.

Системний підхід до вивчення, аналізу і синтезу широко використовується в різних галузях людської діяльності. Поняття "екосистема" вперше використав А. Тенслі у 1935 році. В сьогоднішньому уявленні екосистема – це сукупність взаємопов'язаних складових компонентів живої і неживої природи, об'єднаних загальною територією та умовами існування.

В залежності від розмірів екосистеми можуть бути дуже різними – від планетарної гіперсистеми до локальної в межах невеличкого острова, ставка чи хутора. Оскільки всі екосистеми відносяться до систем відкритого типу, то кожна екосистема повинна розглядатися як складова системи більш вищого (наступного за ранжуванням) рівня, тобто підсистемою.

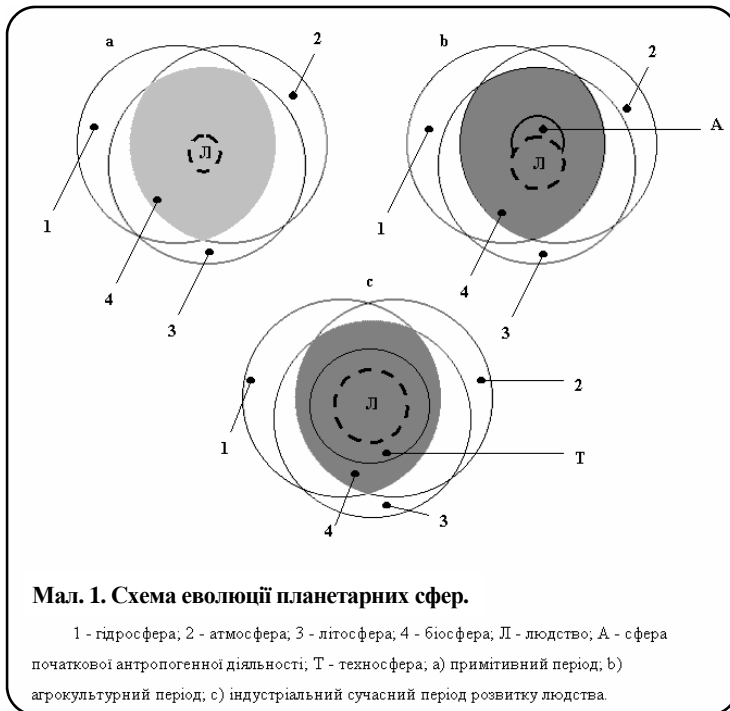
Взаємодії підсистеми з системою характеризуються зовнішніми зв'язками (для системи вони будуть внутрішніми). При цьому внутрішні зв'язки всередині підсистеми не розглядаються, вона уявляється як "чорний ящик", будова якого нас не цікавить. "Чорний ящик" характеризується певною реакцією (відгуком) на зовнішню дію.

Вказана властивість складної системи дозволяє виконувати експериментальні та теоретичні дослідження на зручному для дослідника рівні, йдучи поступово від складного до простого, чи навпаки. Обов'язкова умова цього процесу – врахування всіх зв'язків взаємовпливу.

Процес пошуку оптимального рішення, тобто найкращого для суб'єктів екосистеми в конкретних умовах існування являє собою багаторазовий ітераційний процес поступового проходження через всі рівні знизу доверху, а потім в зворотному напрямку.

На кожному етапі ітерації необхідно оцінити підсумок розрахунків з допомогою критерію якості систем (функції цілі), що можливо лише при чіткому визначенні функції системи. Щодо штучних систем, то тут проблем немає, бо така система своєю появою зобов'язана необхідності виконувати конкретну функцію. Значно складніше визначити оціночний критерій для природної системи.

Якість штучних систем оцінюється ресурсоемністю, коефіцієнтом корисної дії – к.к.д. (для машин, механізмів, процесів перетворення), коефіцієнтом використання природного ресурсу – к.в.п.р., котрий для технологічного ланцюга з кількістю учасників i



Не розглядаючи докладно всі дії, пов'язані з моделюванням систем, зупинимося лише на головному. Однією з обов'язкових операцій аналізу складної системи є її декомпозиція – розподіл на складові. Такий розподіл ведеться до мінімальної одиниці системи – елемента, складової, яку неможливо далі ділити без втрати нею свого функціонального призначення. Декомпозицію виконують за різними ознаками (територіальною, функціональною і інше) в залежності від мети роботи. На мал. 2 показана схема декомпозиції гіперсистеми "природа – людство" для створення її моделі (мал. 2).

Розподіл ведеться по традиційних сферах неживої природи з урахуванням впливу людства на біосферу, тобто гіперсистема представляється сукупністю взаємопов'язаних суперсистем – літосфери, атмосфери, гідросфери, біосфери, техносфери і соціальної сфери людства. На третьому рівні суперсистеми розкладаються на

дорівнює $K.V.P.P. = K.K.D_1 \bullet K.K.D_2 \bullet \dots \bullet K.K.D_n$

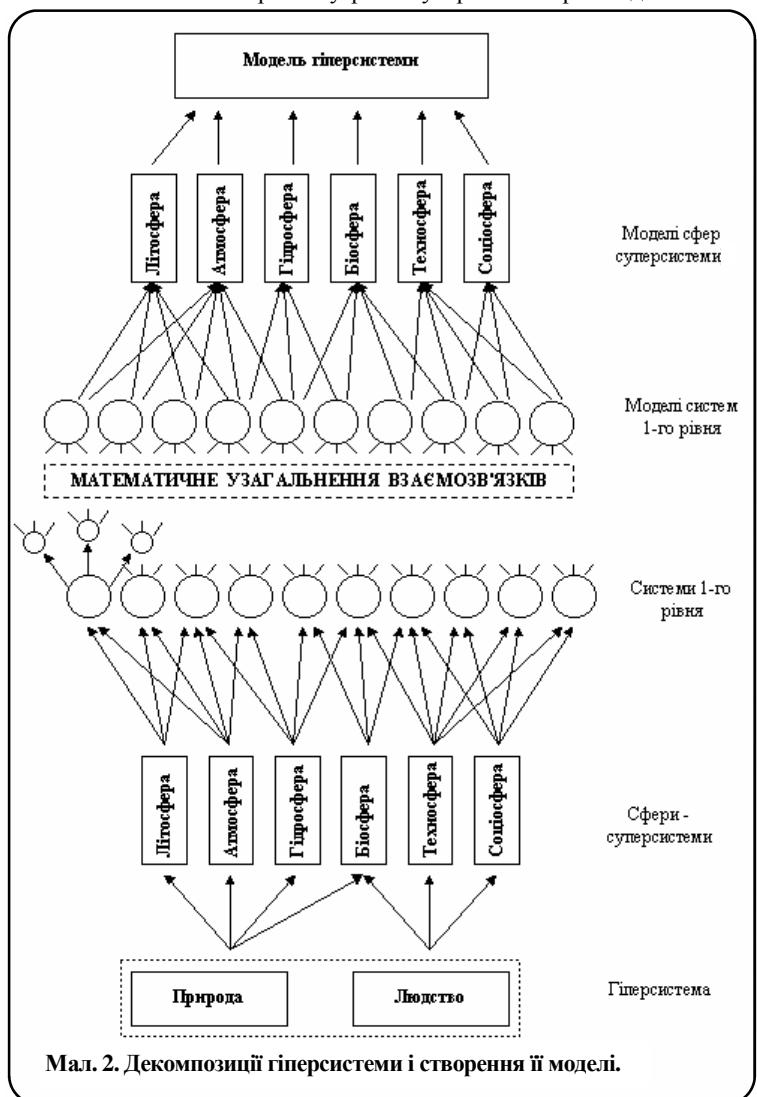
Природні системи характеризуються процесами створення (споживання), передачі, накопичення речовини, енергії та інформації. Оцінку якості систем, їх складових та процесів необхідно виконувати за допомогою показників, які б враховували перетворення саме речовини, енергії та інформації.

Б.В.Прикін пропонує використовувати для оцінки якості екосистем такі показники:

- продуктивність за процесами обміну **M**;
- речовинно-енергетичний потенціал **S**;
- асиміляційний потенціал $P = \square (M, S, T)$ (тут **T** – час) [4].

Система "природа – людство" з моменту виникнення постійно змінюється головним чином завдяки антропогенній діяльності.

На зорі антропогенезу людина була невеличкою часткою біосфери, яка займала нішу сумісного існування трьох сфер неживої природи (мал. 1-а). З початком агрокультурного періоду з'являється перша штучна сфера у вигляді вирощених людиною тварин і рослин (мал. 1-в). За двісті років після індустріальної революції людство створило могутню штучну техносферу, яка поглинула сферу А і охопила майже всю біосферу (мал. 1-с). Сучасна гіперсистема "природа – людство" складається з п'яти сфер – літо-, гідро-, атмо-, біо-, техно-, і соціосфери (мал. 1).



системи вищого рівня. Наприклад, соціальна сфера – на соціальні групи та соціальні інститути. Далі кожна система вищого рівня декомпозується на системи першого рівня, потім кожна з них – на системи другого рівня і так далі.

Системи однойменного рівня поєднуються міжсистемними (тобто зовнішніми) зв'язками і кожна з них має внутрішні зв'язки, які віддзеркалюють якість процесів у системі.

Після того, як процес розподілу дійде до рівня елементів системи, декомпозиція завершується і починається зворотний процес аналітичного опису взаємозалежностей між складовими від систем нижчого рівня вгору до рівня гіперсистеми – композиція моделі системи.

Процедуру декомпозиції гіперсистеми (чи екосистеми нижчого рівня) можливо виконати і за іншою ознакою, наприклад, за територіальними особливостями. Все залежить від рішення дослідника: яку з можливих основ декомпозиції вважати найважливішою, головною.

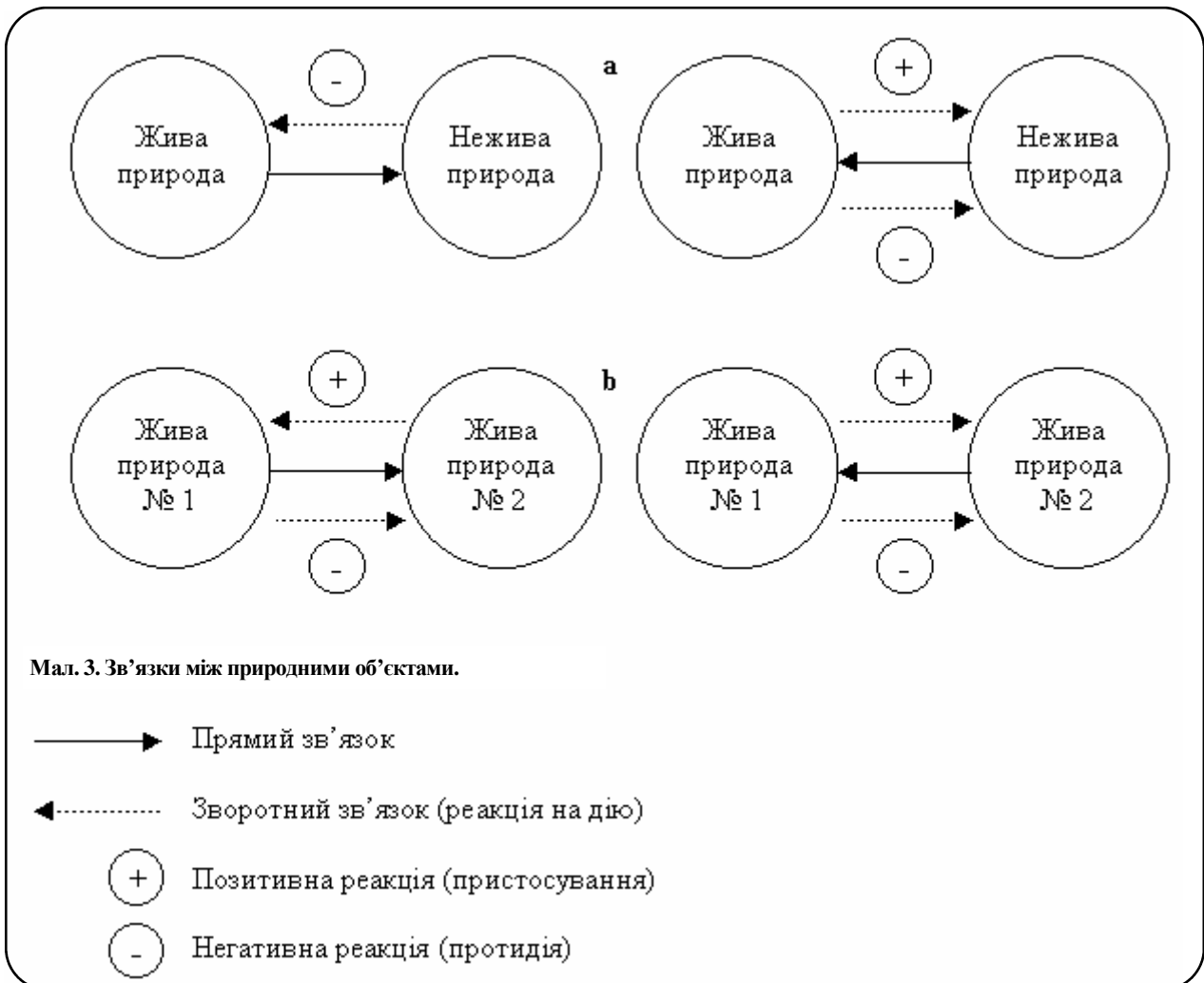
3. Зв'язки екосистем.

Зв'язки між природними компонентами бувають абіотичні і біотичні, в залежності від характеру діючого природного фактора. Оскільки компоненти взаємодіють, то особливість зв'язків визначається напрямком дії фактора.

Взаємодія представників живої і неживої природи показана на мал. 3-а, а на мал. 3-в – двох біотичних об'єктів.

На початку антропогенезу (мал. 1-а) різниці між людиною та іншими видами вищих хребетних тварин у відношенні до природного довкілля майже не було. Люди обмежувалися вживанням природних дарів у розмірах, достатніх для свого існування. Тому зв'язки системи "природа – людство" у той період можна характеризувати схемою природної взаємодії (мал. 3).

Вплив людства на природу в агрокультурний період, порівняно з попереднім, значно зріс (мал. 1-в) – під поля випалювалися ліси, отари худоби з'їдали та витоптували трав'яний покрив, що збільшило вивітрювання та інше. Але, окрім негативного впливу, проявився і позитивний – люди виводили нові невідомі природі рослини і тварин, що збагачувало біорізноманіття.



Незважаючи на значні зміни в системі "природа – людство", в агрокультурний період відхилень від схеми зв'язків між складовими системи не відбулося – вони залишились біологічними і вписуються в схему на мал. 3.

Взаємовідносини людини і природного навколишнього середовища принципово змінилися з появою парової машини наприкінці XVIII століття, яка ознаменувала початок індустріального періоду в історії людства. За короткий час (вибухово з історичних позицій) завдяки паровій машині, електричному двигуну, турбіні, двигуну внутрішнього згоряння люди збільшили свої фізичні можливості в тисячі разів. Ці можливості були використані для задоволення людських потреб за рахунок природних ресурсів (мал. 4).

Взаємозв'язки в системі значно ускладнилися. По-перше, набагато підсилились прямий та зворотний зв'язки природного та біологічного походження внаслідок демографічного вибуху людства. По-друге, могутня техногенна дія породила реакцію бумерангового характеру природи на автора і керівника техніки – людство.

По-третє, через зв'язки управління людство має змогу впливати на дію техніки, тобто на техногенні зв'язки, а також на природу, тобто має на увазі природозаповідна діяльність людей, позитивний вплив на природу за рахунок рекреаційної діяльності, селекційна та інша робота.

Таким чином, з боку природи на людей сьогодні діє два негативних зв'язки – біологічний, який характеризує негативну реакцію біосфери на людство, як суперактивний вид біоти, що витісняє інші види з їх традиційних екологічних ніш, та бумеранговий. Останній – це прояви погіршення стану навколишнього природного середовища внаслідок техногенного впливу.

Ці негативні дії природного середовища подвійного походження сприймаються людством як одна сукупна – погіршення стану навколишнього середовища. Люди відносять це погіршення цілком на рахунок техносфери, що принципово невірно. Тому одне з головних завдань науки – розділити ці два зворотні зв'язки з метою точного визначення негативних наслідків техногенної діяльності. Це допоможе знайти відповіді на важливі проблеми сучасності, зокрема на явище демографічного вибуху.

За даними дослідників [8], середньорічний приріст населення досягне найбільшого значення (83 млн.) у 2000 році, а найбільша кількість землян (10-11 млрд.) буде в період 2080-2100 рік. Наші

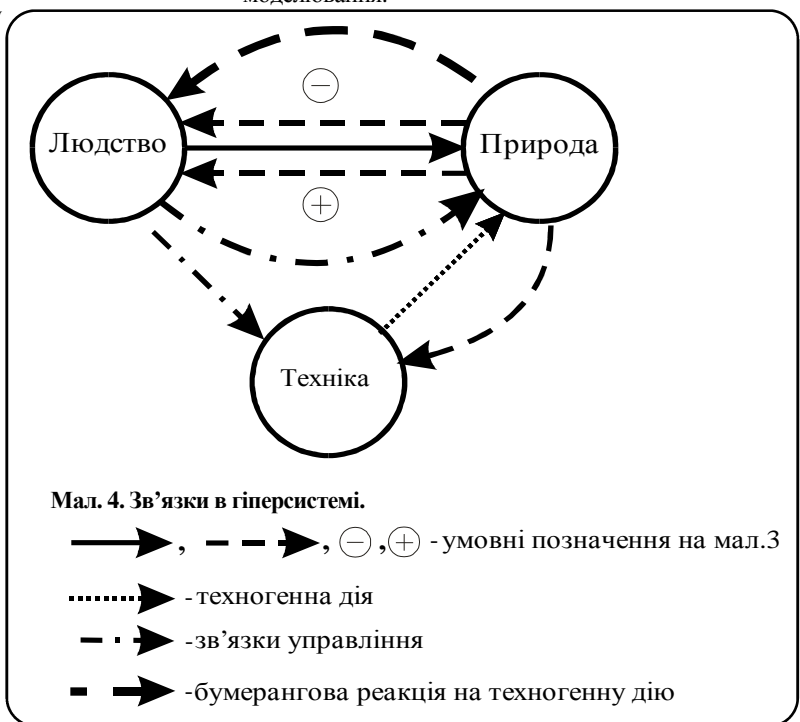
розрахунки вказують на те, що приріст чисельності жителів Землі припинився у 1990 році, а демографічний вибух закінчився у період 1970-80 років. За яким законом буде розвиватися демографічна ситуація у наступному тисячолітті, поки що залишається для людства найактуальнішим питанням.

Висновки і пропозиції.

Розробка наукового обґрунтування шляхів подальшого розвитку окремих регіонів і людства в цілому – задача комплексна і повинна базуватися на досягненнях різних галузей наук на принципах системного підходу, використання якого передбачає виконання принципово нових методологічних основ.

Враховуючи обмеженість часу, відведеного людству на коригування шляху розвитку, екології, як інтегруючій науці, треба спрямувати зусилля на вирішення таких головних завдань:

- узагальнення і математичну формалізацію експериментальних матеріалів природничих та суспільних наук;
- розробку моделей екосистем і соціоекосистем різного рівня – від глобальної гіперсистеми "Природа – Людство" до локальних мікроекологічних систем;
- дати визначення для системи кожного рівня внутрішніх та зовнішніх зв'язків, обмежуючих умов, оціночних критеріїв ефективності, фонових характеристик;
- доповнити експериментальні дані на локальному рівні з метою забезпечення необхідної деталізації і повноти відображення системних зв'язків;
- провести пошуки найкращого сценарію розвитку систем різного рівня методами математичного моделювання.



- розробити галузеві і загальнодержавні правові норми по забезпеченню реалізації науково обґрунтованих концепцій коеволюційного розвитку людства і вдосконалення загальнопланетарної і регіональної екологічної ситуації.

Література.

1. New Scientist. – 1995. – Vol. 145. – № 1967. – P. 11
2. Моисеев Н. Н. Козволюция природы и общества // Экология и жизнь. – 1997. – Весна-лето.
3. Изаков М.Н. Сумеем ли мы сохранить биосферу // Экология и жизнь – 1997. – № 4; 1998. – № 1.
4. Прикин Б. В. Новейшая теоретическая экономика. – М.: Банки и биржи. ЮНИТИ, 1998.
5. Петров К. М. Общая экология. – СПб: Химия, 1998.
6. Зубаков В. А. XXI век: Сценарии будущего: Анализ последствий глобального экологического кризиса. – СПб, 1995.
7. Малахов І. Екологічна криза: Джерела і вихід // Ойкумена. – 1994. – № 1-2.
8. Merrick T.W. World Population in Transition // Population Bull. – 1988. – Vol. 41. – #2