

К. СИТНИК, В. БАГНЮК

НОВЕ СТОЛІТТЯ СФОРМУЄ НОВИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ СВІТОГЛЯД?

Не так давно завдяки складному електронному пристрою у Білому домі у США прозвучала лекція видатного англійського фізика-теоретика Стівена Хокінга, якого тяжка хвороба позбавила можливості говорити, але не зламала його духу. У цій знаменитій лекції, що відразу стала відомою світовому загалу, вчений глибоко проаналізував теоретичні та соціальні проблеми сучасності і наголосив: подальша доля нашої цивілізації залежатиме від поступу науки та збереження довкілля. Без радикального розв'язання глобальних суспільних, енергетичних та екологічних проблем існування людства у третьому тисячолітті стане неможливим. Однак, нарощуючи видобуток і споживання традиційних природних ресурсів та енергоносіїв, людство котиться у прірву. Як зупинити процес руйнації довкілля, пом'якшити антропогенний пресинг на природу? Яких невідкладних заходів необхідно вжити, щоб зберегти біорізноманіття на планеті? Над цими питаннями розмірковують і автори статті. Адже йдеться про проблеми, які мають стати центральними для комплексу біологічних наук у новому столітті.

Деякі представники теоретичних і точних інженерних наук, які споживають левову частку фінансів, що відпускаються на науку, перебувають у полоні професійного егоцентризму і недооцінюють значення таких класичних фундаментальних біологічних наук, як ботаніка, зоологія, екологія для вирішення глобальних завдань збереження біосфери. Згадаймо дружний хор бравих заяв деяких зарубіжних і вітчизняних учених щодо розв'язання енергетичних, продовольчих, медичних та інших нагальних проблем людства. У цьому хорі дисонансом звучить одкровення тричі Героя Соціалістичної Праці, одного з творців атомної зброї і АЕС в СРСР Ю. Б. Харитона: «... Я усвідомлю нашу причетність до жахливої загибелі людей, до страхітливих пошкоджень, завданих природі нашого дому — Землі. Слова каяття нічого не змінять. Дай Боже, щоб ті, хто йдуть після нас, знайшли шляхи, знайшли в собі твердість духу і рішучість, прагнучи до кращого, не натворити гіршого».

Перший президент Української Академії наук Володимир Вернадський висловив основоположну думку про те, що сучасне людство стало рушійною силою еволюції і лише шляхом трансформації біосфери у сферу розуму — «ноосферу» — можна розв'язати протиріччя між цивілізацією і біосферою. А протиріччя ці очевидні і грандіозні. Як показують розрахунки академіка В. А. Ковди, людство впливає на біосферу у дві тисячі разів ефективніше, ніж решта живого світу. І чи варто цьому дивуватися, коли на планеті щорічно спалюється 10 млрд. тонн умовного палива (всього цивілізація спожила 120 млрд. тонн, дві третини з них — після 1945 р.). Фізичні, хімічні і теплові відходи енергетики створюють величезний техногенний тиск на біосферу. Найсерйознішим наслідком цього впливу є глобальне потепління, спричинене збільшенням у тропосфері вуглекислоти, окису вуглецю, закису азоту, метану, озону, водяної пари, пилу, які поглинають теплове випромінення від земної поверхні. Посилюють це явище фреони. Так, учені з університету Нордрідж (Великобританія) показали, що побічний продукт виробництва фреону HFCC-

22 (гідрофторвуглець) за своєю парниковою дією у 10 тис. разів перевершує вуглекислий газ.

Загалом внаслідок господарської діяльності людства в атмосферу щороку викидається кілька мільярдів тонн газів і аерозолів. Сумарне надходження від природних і техногенних джерел лише метану становить близько 500 млн. тонн. Велика група речовин, що мають у своєму складі хлор, фтор, бром, потрапляючи у стратосферу, руйнують озоновий шар, який захищає все живе на планеті від випромінення Сонця. Проте концентрація цього ж озону, вміст якого у приземному повітрі зріс за останні 100 років у два—три рази, незабаром може досягти рівня, небезпечного для людей, тварин, рослин.

Щоб запобігти подальшому забрудненню повітряного басейну, було укладено низку міжнародних угод. Зокрема, в останні роки — Монреальський протокол, за яким 36 країн світу взяли на себе зобов'язання скоротити на 20 % викиди найбільш небезпечних фреонів (1993), протокол про обмеження емісії парникових газів (Кіото, 1997). Останній документ декларує необхідність скорочення емісії парникових газів до 2008—2012 рр. на 5,2 % порівняно з 1990 р.

Захопившись ідеєю інженерного зменшення вмісту парникових газів, учені, здається, забули про, можливо, ефективніший шлях обмеження парникового ефекту. Він ґрунтується на пізнанні природних процесів зв'язування газів у біогеохімічних циклах. Найкращим прикладом дії такого механізму може бути цикл органічного вуглецю, який починається з фотоавтотрофної асиміляції вуглекислоти ціанобактеріями, мікроводоростями та рослинністю і закінчується захороненням значної частини органічної речовини в осадах і надрах. Ще більша частина вуглекислоти зв'язується з кальцієм і депонується у вигляді слабозчинних порід літосфери. Зменшенню рівня таких парникових газів, як метан і водень, сприяють мікробіологічні процеси їх окислення.

Вирішальне значення для збереження біосфери мають фундаментальні науки, передусім ботаніка, зоологія, екологія та економіка. Особливо слід підкреслити роль ботанічних наук. Адже основою функціонування живої оболонки Землі є фітосфера з властивим їй унікальним явищем фотосинтезу, який дає людям і тваринництву харчові, технічні, лікарські продукти і кисень, забезпечує стабільність біосфери. З трьохсот тисяч відомих нам видів вищих рослин близько 75 тис. можна вживати в їжу, хоч у повсякденному житті люди обходяться кількома десятками культур.

Екологічна роль рослин надзвичайно важлива і багатогранна. Підкреслимо лише, що їх життєдіяльність забезпечує постійний вміст кисню в атмосфері впродовж останніх 600 млн. років. За даними нашого інституту, сьогодні флора вищих і нижчих рослин в Україні налічує понад 10000 природних видів, з них 4500 видів вищих судинних рослин, 4000 видів водоростей, близько 1000 видів лишайників, 800 — мохів. За життєвими формами судинні рослини розподіляються на дерева (76 видів), кущі, напівкущі, напівкущики (278), трав'янисті полікарпики (2856) і монокарпики (1313 видів). Серед судинних рослин — понад 500 ендемічних і субендемічних видів. Природна рослинність на площі близько 19 млн. га (30 % території України) перебуває на різних стадіях антропогенного перетворення. Рідкісний флорофонд країни налічує 900 видів. У друге видання «Червоної книги України. Рослинний світ» занесено 439 видів судинних рослин, 28 — мохоподібних, 17 — водоростей, 27 — лишайників, 30 — грибів. У європейський червоний список потрапили 84 види вітчизняних судинних рослин. Збереженню та охороні згаданих багатств має слугувати Закон України «Охорона рослинного світу».

Згідно з вимогами Конвенції з біорізноманіття у XXI ст. почнеться створення глобального кадастру видів рослин та їх угруповань у вигляді баз даних в Інтернеті. Має чітко координуватись весь комплекс робіт щодо моніторингу біорізноманіття і регулярного (один раз на 3—4 десятиліття) передослідження складу видів з обліком їхньої активності та ареалів поширення.

Як відомо, формування первісної кисневої атмосфери Землі відбувалося в результаті діяльності фотосинтезуючих бактеріально-водоростевих угруповань у період від 3 до 2,2 млрд. років тому. За відсутності вищої рослинності тоді біогеохімічні цикли речовин у біосфері були незамкненими. Поява вищої рослинності у процесі еволюції сприяла зростанню біогеохімічних циклів і досягненню якісно вищого рівня біосфери, формуванню ієрархічності екосистем. Відтоді роль рослинності у продукуванні органічної речовини і кисню у біосфері стає вирішальною.

Дедалі більше занепокоєння фахівців і прогресивної громадськості світу викликають зростаючі втрати біорізноманіття. Нині щодоби на Землі зникає кілька видів. Згідно з даними літератури, техногенні втрати видів перевищують природні темпи їх елімінації у 100—1000 разів. Через непродуману діяльність людей за найближчі 50—100 років може бути втрачено від 25 до 50 відсотків сучасного видового різноманіття. Наскільки трагічними виявляться ці втрати для біосфери і людини? І хто знає, може, серед назавжди втрачених видів були унікальні, скажімо, наділені здатністю синтезувати речовини, ефективні проти тієї чи іншої злоякісної пухлини, СНІДу, атеросклерозу тощо? А можливо, якийсь з тих видів міг би стати неоціненним донором рідкісного гена для селекційної роботи генних інженерів?

Велику увагу ботаніки приділяють сьогодні вивченню лісів. Адже у подоланні глобального потепління і в розв'язанні багатьох інших екологічних проблем лісам належить дуже важлива роль. Нині вони займають 30 % суходолу і продукують 82 % всієї фітомаси планети. Ліси — легені планети, вони беруть участь у підтримванні балансу кисню і вуглекислоти у повітрі, пом'якшують клімат, впливають на рівень атмосферних опадів і водність водойм, захищають поля від суховіїв, запобігають розвитку ерозійних процесів і утворенню ярів, розмивів берегів рік та гірських схилів, дають цінну сировину, рослинні і тваринні ресурси для народного господарства, мають неоціненне гігієнічне, природоосвітнє і виховне значення. Однак упродовж останніх століть ліси інтенсивно вирубувалися у країнах Близького Сходу, Центральної і Південної Азії, в Європі, пізніше — у Північній Америці, Австралії і Африці. В останні десятиліття відбувається варварське винищення тропічних лісів.

Із зростанням населення на планеті у містах виникають нові екологічні умови як для людини, так і для всього живого. Головним важелем поліпшення якості міського середовища є рослинність, яка виступає індикатором і його екологічного стану, і здоров'я людей. Тому вчені-ботаніки та спеціалісти з озеленення міст мають постійно працювати над оптимізацією біологічного різноманіття, створенням зелених насаджень з високим адаптивним потенціалом і стійкістю до несприятливих чинників усередині міста та закладанням неперервної смуги лісів і парків (зелений каркас міста). Це дуже актуально, адже більшість лісових масивів у Європі хворіє і всихає, а наука часто не знає чому. А тим часом зелені насадження — визначальний санітарно-гігієнічний чинник.

Оптимальним залісненням території на рівнинах вважають 25—30, а в гірських районах — 35—50 %. Отже, лісистість нашої держави, що становить 14,3 %, вкрай недостатня. Тому нагальними є заходи з відновлення лісів на вирубках та розширення їхніх площ головним чином на еродованих землях, уздовж берегів річок і ярів, на гірських схилах, на

межах полів, сівозмін тощо. Звісно, ця робота, як і «лікування» лісів, потребує серйозного наукового підходу. Отже, перед наукою про ліси — лісознавством і лісоводством — життя поставило програмне завдання: забезпечити відтворення і розширення лісового покриву на планеті. Земній цивілізації потрібні ліси у такій кількості і такій якості, щоб забезпечувати економічне процвітання народів і створювати екологічне середовище для комфортного та здорового життя сучасного населення, а також прийдешніх поколінь.

Велике екологічне значення мають болота, рослинність яких абсорбує значну кількість вуглекислоти та інших забруднень. Болота, наче велетенська губка, всмоктують у себе атмосферну вологу, а разом з нею — пил, кіптяву, окисли вуглецю, азоту, сірки, важкі метали і радіонукліди, що їх у великих кількостях постачають у повітряний басейн промисловість, енергетика, транспорт. Приймають болота також забруднені води, а випускають чисту воду. Болота консервують вуглець у вигляді торфу. У складі заповідних територій в Україні нині охороняється майже 130 тис. га боліт, однак це становить усього 12—14 % від колишніх їхніх площ. Якщо темпи знищення боліт збережуться, то в ХХІ столітті від них мало що залишиться. Отже, науковим засадам охорони і відновлення боліт у майбутньому необхідно приділяти значно більше уваги.

Серед джерел емісії вуглекислоти перше місце посідає кам'яне вугілля. На цьому паливі працює безліч великих та дрібних електростанцій, і коли на них використовуються старі технології, це призводить до втрати 2/3 енергії палива.

Добування вугілля відкритим способом спотворює ландшафт, піднімає в атмосферу велику кількість пилу. Що ж до підземного способу його видобутку, який характерний для України, то це небезпечна праця, яка до того ж супроводжується викидами на поверхню метану. Йдеться про проблему, надзвичайно болючу для шахт Донбасу, в яких вибухи метану час від часу призводять до людських жертв. У надрах Донбасу міститься близько 13 трлн. м³ метану. На часі — вирішення завдання його безпечно використання як енергоносія. Метан причетний не тільки до парникового ефекту, а й до руйнування озонової оболонки у стратосфері. Враховуючи тенденцію до збільшення видобутку вугілля у світі, передусім у таких державах, як Китай, Індія, Бразилія, міжнародне співтовариство індустріально розвинених держав покликане допомогти цим країнам розв'язати складні інженерно-технічні проблеми щодо зниження споживання вугілля, впровадження новітніх технологій його спалювання та підвищення корисного виходу енергії.

Нафта і продукти її переробки, яких людство щоденно витрачає близько 10,5 млн. тонн, забруднюють довкілля не менш інтенсивно, ніж кам'яне вугілля. У процесі їх спалювання у повітряний басейн викидаються вуглекислий і чадний газ, оксиди сірки і азоту, сажа, бенз-а-пірен, свинець, діоксини та інші високотоксичні продукти. До значних екологічних збитків призводить забруднення довкілля при добуванні, переробці і транспортуванні нафти та її продуктів.

Природний газ вважається екологічно найбільш безпечним паливом, але насправді це не так. Він майже повністю складається з метану, який є набагато активнішим чинником парникового ефекту, ніж вуглекислий газ. До того ж, згідно зі статистикою, втрати природного газу тільки під час його добування і транспортування перевищують 10—15 %. Отже, перехід енергетики на спалювання газу не розв'язує екологічної проблеми, а лише дещо її пом'якшує.

Можливо, декому це може видатися несподіваним, але найпотужнішим джерелом емісії вуглекислоти в атмосфері є спалювання деревини. На жаль, люди використовують її

швидше, ніж вона росте. Вирубання лісів на паливо, виробництво будівельних матеріалів, тари, меблів тощо призводить до тяжких глобальних наслідків: погіршення клімату, пилових бур, ерозії ґрунтів та багатьох інших негараздів.

Ще відносно недавно вчені-атомники, та й інші фахівці, збиралися врятувати людство, забезпечити його енергетичні потреби та водночас розв'язати проблему парникового ефекту і забруднення довкілля з допомогою ядерної енергетики. У різних країнах уже збудовано понад 400 АЕС, які дають лише 5 % енергії. Прихильники АЕС декларували дешевизну, безпечність і надійність атомної енергетики. Натомість вона виявилася найдорожчою, екологічно найнебезпечнішою і непередбачуваною. У світі на атомних установках вже сталося понад 150 аварій, які супроводжувалися викидами радіонуклідів у довкілля, а тих, що могли призвести до їх викиду, — десятки тисяч. Виробництво ядерних палив потребує спорудження атомних заводів з їх надзвичайно брудною технологією. До того ж функціонування АЕС призводить до накопичення величезних мас твердих, рідких і газоподібних викидів, які повністю знешкодити неможливо. Слід нагадати, що навіть АЕС, котрі працюють регламентно, постійно завдають довкіллю, його біоті і людям непоправної шкоди.

Під час аварій на АЕС економічні та екологічні втрати сягають астрономічних величин. Так, внаслідок чорнобильської катастрофи радіоактивного забруднення зазнали 9 млн. га території дванадцяти областей України. З господарського використання вилучено 180 тис. га сільськогосподарських угідь, 157 тис. га лісу, обмежено агропромислове і лісгосподарське виробництво на 256 тис. га. В ході аварійних і дезактиваційних робіт у зоні відчуження створено понад 800 тимчасових могильників радіоактивних відходів. Об'єкт «Укриття», в якому сконцентровано близько 180 т паливовмісної маси сумарною радіоактивністю $7,4 \times 10^{17}$ Бк, потребує капітального ремонту і постійного нагляду. Загалом аварія на ЧАЕС оцінюється збитками на суму 250 млрд. дол. США, а загальні людські жертви вже найближчим часом перевищать 0,5 млн. чоловік. Точно оцінити післядію аварії на здоров'я населення України ми ще не вміємо, але зрозуміло, що вона негативно вплине на життєдіяльність багатьох поколінь. Це виявляється у зниженні колективного імунітету, зростанні кількості злоякісних захворювань, збільшенні «генетичного тягаря», ускладненні перебігу всіх відомих хвороб.

Усвідомивши, що атомна зброя аморальна за своєю суттю, людство досі ще не визначилось із своїм ставленням до атомної енергетики. Втім, дедалі переконливіше звучать голоси тих, хто вважає, що це «глухий кут» у розвитку науки і техніки. Не випадково, приміром, у Німеччині проголошено політику заміни АЕС на екологічно чисті джерела енергії. Наші ж вітчизняні енергетики все ще орієнтуються на використання «мирного атома». Саме такий підхід покладено і в основу прийнятої нещодавно «Концепції енергетичної безпеки України». А перелік відновлюваних енергоносіїв у ній має досить формальний характер. У Концепції немає також чіткої відповіді на запитання, що робитимемо з усіма 16-ма реакторами, ресурс котрих закінчується у 2007—2025 рр.

Перехід до нових, екологічно безпечних відновлюваних джерел енергії — не тільки технічна та екологічна проблема, а й політична. Адже величезні енергетичні компанії і країни світу, що «роблять гроші» на традиційних видах палива і атомній енергетиці, всіма можливими засобами лобують свої інтереси, всіляко блокують спроби освоєння екологічно безпечних джерел енергії.

Серед відновлюваних, екологічно безпечних джерел найперспективнішими є енергія Сонця, морських хвиль, припливів і відпливів, геотермальна і вітрова, біогаз. Мало використовується і енергія рік. Хоча зарегулювання стоку рік — небажане явище, у світі

вже збудовано дуже багато гребель. При цьому енергія води, що скидається з водосховищ, здебільшого пропадає марно. Наприклад, у США з 67 тис. гребель тільки 3 % дають електроенергію. У нас — ще менше. А в Китаї ефективно працює 20 % потенційної енергії гідроресурсів. Сьогодні понад 20 країн світу використовують геотермальну енергію. За даними Агентства охорони навколишнього природного середовища США, ці джерела спроможні задовольнити 30 % світової потреби в електроенергії вже в найближчі 20 років. Майже 3/4 потреб країн ЄС в електриці можна було б задовольнити за рахунок енергії припливів і відпливів.

У розв'язанні енергетичної проблеми вирішальну роль покликані відіграти нові технології. Адже ті, що діють нині у промисловості, сільському господарстві і на транспорті, надто марнотратні. Експертиза показує, що коефіцієнт ефективності використання енергії у цих технологіях можна підвищити на 75—90 %. Залишається нерозв'язаною і проблема енергозбереження.

Поки що людство з його енергетичним і промисловим потенціалом лише прискорює процеси руйнування біосфери, знижує ступінь її організованості та підвищує ентропію. Отже, одне з головних завдань науки майбутнього — навчитися забезпечувати належну якість енергії, спрямовуючи нашу цивілізацію шляхом зниження рівня ентропії. Збереження якості енергії — наш обов'язок перед нащадками. Наука має своєчасно оцінювати зміни у біосфері, незалежно від чинника, що їх спричинив. Очевидно, для такої оцінки потрібно ввести інтегральний універсальний критерій.

Із зростанням чисельності населення планети збільшуються обсяги виробництва, що додатковим тягарем лягає на біосферу. Полегшити цей тягар здатні новітні технології, які підвищують ефективність фотосинтезу, азотфіксації, забезпечують створення нових високопродуктивних і стійких до посух та хвороб сортів рослин і порід тварин. Є підстави сподіватись і на розширення асортименту продуктів штучного синтезу (пальне, корми, продовольча група).

Експурс в історію показує, що кожна з трьох «зелених революцій», зумовлена розвитком науки, давала подвоєння врожаю. Перша з них почалася у середині XVIII ст., коли було відкрито роль бобових у збагаченні ґрунту зв'язаним азотом. Друга відбулася у середині XIX ст. і стала наслідком створення теорії мінерального живлення та широкого застосування добрив. Третя, яка припала на 50—60-і роки XX ст., мала комплексний характер, завдячуючи своїми успіхами генетиці, селекції, новим агробіотехнологіям, захистові рослин від шкідників і хвороб. Нині стає можливим конструювати швидкоростучі рослини з підвищеним коефіцієнтом засвоєння сонячної енергії. Так можна отримувати відновлювані енергоносії та іншу цінну технічну сировину.

Фахівці вважають, що в майбутньому розв'язати продовольчу проблему людство зуміє передусім завдяки генній інженерії, яка озброює його методами поліпшення генотипу сільськогосподарських культур, даючи змогу створювати високопродуктивні, стійкі до хвороб, шкідників і несприятливих факторів навколишнього середовища сорти рослин та породи тварин — так звані трансгенні організми. Саме модифіковані організми можуть стати основою нової «зеленої революції» і водночас розв'язати не менш гостру проблему забруднення довкілля отрутохімікатами. Площі під трансгенними рослинами розширюються на очах: у 1999 р. ними було зайнято 40 млн. га, на початку нового століття очікується їх подвоєння. Проте масове поширення генетично змінених сортів породжує проблему біобезпеки. Поки що не відомі віддалені наслідки їхньої інтродукції в агроценози. Йдеться про можливий вертикальний і горизонтальний дрейф генів. І ще одне: набутий людством досвід свідчить, що кожна із «зелених революцій» потребувала

збільшення енерго- і ресурсних затрат на одиницю продукції та призводила до зростання тиску на довкілля.

Гідробіологи великого значення надають такому явищу, як евтрофікація. Йдеться про низку перетворень гідрохімічного і гідробіологічного режиму, які виявляються у зростанні первинної продукції, спрощенні екосистеми, погіршенні якості води та зниженні корисної продукції водою. Усе свідчить про те, що евтрофікація — лише частина глобальних змін, які відбуваються у біосфері в процесі її антропогенного перетворення. Ці зміни характерні не тільки для гідросфери, а й для геосфери, атмосфери і біоти. Як розглядати, наприклад, прогресуюче зростання вмісту у повітряному басейні пилу, техногенних газів, біологічних домішок (бактерій, вірусів, спор, пилку рослин, комах, органічного детриту), які справляють дедалі більший вплив на колективний імунітет і здоров'я людей? Постає нова проблема — адекватно назвати це глобальне явище та знайти критерій його якісної і кількісної оцінки. Підхоплюючись повітряними потоками, довгоживучі в атмосфері механічні, хімічні та біологічні домішки поширюються по всій земній кулі. Епідеміологи вважають, що ці процеси беруть участь у поширенні збудників грипу та інших інфекційних хвороб.

Фундаментального дослідження у новому столітті потребуватиме комплекс питань зараження і перебування (персистенції) в організмах людей, тварин і рослин вірусних, бактеріальних, мікозних, протозойних і гельмінтозних збудників хвороб, агресивність котрих за несприятливої екологічної ситуації і зниження колективного імунітету прогресує.

Настав час доповнити сформульовану ще І. Мечниковим ідею про те, що старіння і передчасна смерть настають внаслідок хронічної інтоксикації людей сапрофітними бактеріями кишечника. Очевидно, крім згаданих сапрофітів, в організмі людини персистують десятки і сотні хвороботворних збудників, які час від часу активізуються, викликаючи різноманітні хвороби, загострюючи хронічні і скорочуючи життя людини. Світ мікроорганізмів — немовби дволикий Янус: з одного боку, без нього неможливі нормальне функціонування біосфери і розвиток біотехнологій, з другого — це небезпечний ворог людства, а також рослинного і тваринного світу. Причому наступ мікроорганізмів і вірусів невпинно наростає, і поки що невідомо, як його зупинити.

Ми лише говоримо про окремі успіхи у цій галузі. Так, учень і послідовник академіка Л. Зільбера Г. Абелев вважає перспективним метод імуніпрофілактики пухлин, виникнення яких пов'язане з вірусами (*Природа*. — 2000. — №2. — С. 21—25). Очевидно, що стратегія боротьби з цими хворобами у нинішньому столітті істотно не зміниться і базуватиметься на пошуку засобів зменшення доз шкідливих чинників у довкіллі, питній воді і продуктах харчування, з одного боку, та розробці заходів підвищення стійкості організмів до цих чинників — з другого. Дедалі ширше застосовуватимуться природні й синтетичні препарати — антиоксиданти, антимутагени, імунomodulatory, зокрема цитокініни. Мабуть, неабияке значення для охорони здоров'я матимуть розшифровка генного коду людини і створення генетичних паспортів людей. Така діяльність передбачається міжнародною програмою «Геном людини», яка завершиться до 2005 року. Проте у цій справі існує чимало табу юридично-правового і етичного характеру. Чи не наламаємо дров, як це вже було не раз з іншими відкриттями ми ХХ століття?

Прикро усвідомлювати, що до погіршення стану біосфери причетні наука і техніка. У технічно розвинених США, наприклад, споживається на душу населення у 200 разів більше енергії, ніж у 120 країнах світу, що належать до економічно слабо розвинених. Відповідно США виробляють четверту частину сміття на планеті і витрачають значно

більше кисню, ніж його утворюється на їхніх територіях. Споживацький підхід і егоцентричний світогляд властивий багатьом державним діячам, господарникам і науковцям.

Екологічні проблеми сучасності нині мають глобальний характер, і їх необхідно розв'язувати на благо всіх народів шляхом постійних консультацій між державами та узгодження дій на міжнародному рівні. Це особливо важливо тепер, адже часу на роздуми вже не залишилося. А проблеми, як у гетевського Фауста, не зникають, а множаться. Менш як за півтори сотні років вміст вуглекислого газу в атмосфері зріс на 25 %. І, мабуть, не випадково останнє десятиліття ХХ ст. виявилось найтеплішим за весь час спостережень.

Чітко простежується тенденція до зростання кількості природних і техногенних аварій і катастроф. Від них нині щорічно гине понад 200 000 чол., а збитки сягнули 180 млрд. дол. на рік. Вчені прогнозують, що до 2050 року площі посушливих земель і пустель зростуть на 50 %.

Змінюється тепловий баланс Землі. За даними групи американських учених, останні 10000 років виявилися найтеплішими за кілька мільйонів років. Упродовж ХХ століття температура повітря зросла на 1°C, і це вже спричинило такі тривожні симптоми, як танення льодів і вічномерзлих ґрунтів, збільшення частоти тропічних циклонів, тайфунів, активізацію тектонічних процесів і вулканізму.

Нехай у читача не складається враження, що все це, якщо і торкнеться нас, то опосередковано, а, може, і якимось перемелеться. Сьогодні на планеті немає регіону, мешканці якого могли б сподіватися, що всі ці глобальні загрози якимось обминуть їх. Ні, екологічну небезпеку треба сприймати як особисту. Згадаймо, наприклад, наслідки глобальних кліматичних змін в Україні. За останні десятиліття підвищився рівень Чорного і Азовського морів, середня температура повітря у Вилкові, Одесі, Очакові, Керчі, Маріуполі зросла на 0,1—0,4 °С. Забруднення верхнього шару Чорного моря зумовлює зниження випаровування з 470—485 км³/рік до 320—340 км³/рік, що спричинює наступ моря на суходіл.

На думку деяких фахівців, рівень Чорного моря зростатиме у геометричній прогресії і вже у найближчі роки може досягти 24—115 мм/рік, що рівнозначно катастрофі. Які наслідки це матиме для України? Оскільки Причорноморські лимани відділені від моря піщаними пересипами завширшки 50—250 м і заввишки усього 0,8—2,2 м, то таке підвищення рівня моря означатиме, що перший-ліпший шторм може знищити ці пересипи. Порушиться гідрохімічний і гідробіологічний режим вод лиманів, загинуть цінні породи риб, збідніє видова різноманітність флори і фауни. Звичайно, будуть підтоплені землі, міста і населені пункти, зруйнуються господарські і промислові споруди, забрудняться підземні води.

Підняття рівня ґрунтових вод стимулювати ме обводнення і підтоплення усього низинного Півдня України. І не тільки Півдня, а й Закарпаття, Волині, Рівненщини. Там уже тепер почастишали повені. Досить нагадати про цьогорічну катастрофу на Закарпатті. А трохи раніше, в липні 2000 р., прокотилися руйнівні ураганні вітри з дощем і градом на Тернопільщині, Львівщині, Івано-Франківщині, Миколаївщині та Одещині.

Геологічна та біологічна еволюція суходолу найтісніше пов'язана зі станом Світового океану. Дослідження Ж.-І. Кусто, Т. Хейєрдала та інших дослідників переконливо показали, наскільки ми залежні від океану. Це не тільки «кухня» клімату планети, а й невичерпне джерело мінеральних, рибних, інших біоресурсів, раціональне використання

яких може забезпечити значну частину потреб людства. Проте техногенне забруднення океану призводить до низки негативних наслідків: вимирання і хвороб морської фауни, скорочення рибних запасів, евтрофікації, спрощення екосистем, надмірного розвитку «сміттєвих», занесених агресивних видів, зменшення обсягів поглинання вуглекислоти та виділення кисню в атмосферу. Невпинна евтрофікація і прогресуюче забруднення Чорного моря органічними речовинами зумовлюють підняття «мертвої» сірководневої зони, що робить надзвичайно актуальним пошук боротьби з цим небезпечним явищем.

Проблема охорони і раціонального використання ресурсів Природи невід'ємна від духовних цінностей суспільства. Це починають розуміти дедалі ширші кола громадськості. Вже створено чимало міжнародних природоохоронних організацій. Зокрема, кілька років тому з'явилася міжнародна біополітична ліга, метою діяльності якої є втілення ідеології пріоритету живого в усіх сферах матеріального і духовного життя цивілізації. Поширюється рух «зелених» на всіх континентах.

Природоохоронний світогляд і глибокі народні традиції ощадливого використання природних ресурсів притаманні українцям з давніх-давен. І хоча ми, як і весь світ, разом із загиблими цивілізаціями втратили безцінні знання про величезні пласти історії Землі, частина цих знань, закодована у різноманітних матеріальних і духовних джерелах, ще чекає на своє розшифрування. Чекає на глибше вивчення і багатющий спадок наших славетних земляків: Тараса Шевченка, Григорія Сковороди, Івана Франка, Лесі Українки, Сергія Подолинського, Володимира Вернадського... «Якби ми вчилися так як треба...», — немовби й зараз з докором промовляє наш пророк Шевченко. Скількох фатальних помилок уникли б ми тоді і в політиці, і в економіці, і в екології.

XX століття перевернуло наші уявлення про Всесвіт. Досягнуто значних успіхів у біології, біотехнології. Винайдено антибіотики, встановлено структуру ДНК, відкрито механізм матричного копіювання білків, принципи конструювання геномів, клонування рослин і тварин. Фізика і техніка пізнали квазари, нейтронні зірки, «чорні дірки». Здійснено польоти людини в космос, досліджено поверхні деяких планет. Проте життя вже вкотре ставить такі проблеми, як походження та еволюція живої матерії, місце і роль людини у Всесвіті, примушує шукати відповідь на запитання «чи є життя на інших планетах?» тощо. На ці світоглядні питання, так чітко сформульовані понад 2000 років тому Лукрецієм Каром у трактаті «Про природу речей», ще й досі немає відповідей. Мабуть, їх пошук можна вважати пріоритетним завданням науки третього тисячоліття.

Як відомо, соціально-економічні процеси відбуваються відносно швидко, а реакція на них з боку біосфери — з тим чи іншим запізненням. Тобто вона може проявитися за життя наступних поколінь. Не слід також забувати, що людина як біологічний вид сформувалася в умовах довкілля, параметри якого підтримувалися саме біологічними процесами: первинної продукції, деструкції, кругообігу біогенних хімічних елементів, потоками енергії. Важливо встановити, за якого співвідношення природних і антропогенно перетворених екосистем підтримується гомеостаз біосфери та її окремих частин. Адже екологічні процеси мають межі, за якими вони уповільнюються, перериваються або переходять у хаотичний стан (щось на зразок дисипативних змін, за І. Пригожиным). Оскільки генетичні та демографічні процеси мають відповідні пороги, нижче яких неадаптивні, випадкові процеси починають переважати над адаптивними і самоорганізуючими потенціями всередині популяцій, виникає загроза окремим видам, живій природі і людині.

Отже, щоб не справдилися прогнози Римського клубу щодо швидкої загибелі нашої цивілізації, нам усім слід усвідомити величезну відповідальність за збереження життя на

нашій планеті та перейти до поступової реалізації науково виважених заходів з охорони, відтворення і раціонального використання природних ресурсів. Що ж до ролі науки, то, мабуть, слід погодитись з С. Хокінгом, переконаним, що без неї не можна розв'язати нагальні екологічні проблеми нинішньої цивілізації. Проте це має бути гуманна, максимально об'єктивна і незалежна галузь інтелектуальної діяльності людства, настанови якої стануть обов'язковими для міжнародних інститутів, політиків і державних діячів. Порятунком людства — у політичному і науково-технічному співробітництві між державами і народами. Тільки спільними зусиллями можна збудувати реальну сферу розуму — ноосферу.

© Ситник Костянтин Меркурійович. Академік НАН України. Директор Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАНУ.

Багнюк Валентин Миронович. Кандидат біологічних наук. Керівник групи техногенних мікроекосистем відділу фітохімії і мембранології тієї ж установи (Київ). 2001.