**ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ПОРУШЕННЯ СТІЙКОСТІ БІОСФЕРИ**

З появою *Homo sapiens* (декілька сотень тис. років тому) виник перший вид живих істот, який зміг взяти верх у конкурентній боротьбі з іншими ссавцями і справив руйнівну дію на біоценози. Виникла потенційна загроза рівновазі в БС. Постійний технічний прогрес, а також швидке зростання чисельності населення сприяють нечуваній руйнівній дії на НПС. Людина – єдина істота, відповідальна за деградацію БС – процес, який іще не досяг свого апогею. Зростаюче населення світу й виробництво, що поширюється, у поєднанні зі структурами споживання, які не забезпечують стійкості – ведуть до зростання навантаження на повітря, воду та інші необхідні природні ресурси (ПР) Серед численних аспектів деградації БС, породжених антропогенними впливами, проблема обмеженості ПР викликає найбільшу заклопотаність і найбільші дискусії. У межах цієї проблеми обговорюються такі актуальні питання як: зростання чисельності населення Землі, необхідність його стабілізації, рівень економічного розвитку людства.

Першим технічним завоюванням людини став вогонь. До цього вплив наших далеких предків на природні ЕС був обмеженим, бо люди були їх частиною, одним з елементів біоценозів, які беруть участь в кругообігу речовин і розподілі енергії, подібно до усіх інших гетеротрофів. Так, у Західній Європі рослинний покрив було згублено катастрофічними пожежами ще у палеоліті (близько 1 млн. років тому). Величезні лісові масиви були знищені в тропічних і помірних широтах, де вогонь використовували для ловлі і заганяння дичини і т.д. Трохи пізніше, з появою землеробства 10 тис. років тому, дикорослий рослинний покрив у різних районах Африки, Азії і Америки було згублено людиною свідомо задля утворення ланів злакових і інших сільськогосподарських культур; так були створені савани Західної Африки й Південно-Східної Азії, прерії Північної Америки. Мисливці пізнього палеоліту (приблизно 25 тис. років тому) не лише видозмінювали і руйнували рослинний покрив на значних площах, а й збіднювали видовий склад великих хребетних (мамонти, бізони).

Внаслідок такої діяльності людини відбулася *перша антропогенна екологічна криза* – палеолітична криза консументів. Яскравою ознакою якої було знищення мамонтової фауни (близько 100 видів велетенських ссавців). Прості розрахунки показують, що вторинна продукція мамонтів за рік оцінюється у 4000 кг/100 км2.

Їстівна частина складала близько 40% = 2500 кг/100 км2. М’ясний добовий раціон мисливця – 650 г/доба. Група кроманьйонців у 25 осіб споживає 5930 кг/рік або 14800 кг/рік живої маси, що відповідає 6 дорослим мамонтам. Загальна чисельність кроманьйонців оцінюється у 2,5 млн. які за 10 років повинні з’їсти 6 млн. мамонтів та інших великих ссавців.

В результаті першої антропогенної кризи відбулася *неолітична сільськогосподарська революція* – перехід до сільського господарства, перш за все зрошувального рослинництва та пасовищного скотарства. Як наслідок, з початку неоліту лісові біоми стали замінюватися пасовищами, потім ланами сільськогосподарських культур. Прискорилась модифікація фітоценозів та зооценозів. Розвиток сільського господарства супроводжувався повним викорінюванням первинного рослинного покриву; заміщенням початкових біомів культурними рослинами справило катастрофічний вплив на велику кількість наземних ЕС. Наприклад, у Китаї на початку неоліту ліси займали 90% території, а зараз – лише 5%. Крім створення агроекосистем з обмеженою кількістю рослинних видів, приручалося і обмежене число тварин. У результаті відбувалося значне збільшення маси їжі, яка вироблялась на одиниці поверхні, і збільшення кількості енергії, що надходила у розпорядження людини. Розвиток сільського господарства дозволив вести осілий спосіб життя, сприяв демографічному зростанню і утворенню перших населених пунктів. Одночасно зростало антропогенне навантаження на природні ЕС; необоротні негативні зміни відбулися в багатьох районах Землі вже на початку нашої ери (наприклад, опустелювання Південної Палестини, Північної Сирії, Іраку і Східного Ірану, де іще 8000 років назад процвітала цивілізація). Але в кінцевому рахунку стародавні агроекосистеми мали не високий рівень гомеостазу. В результаті відбувся занепад більшості давніх річкових цивілізацій (Єгипту, Міжріччя), які не володіли здатністю до саморегуляції під час порівняно незначних зміни умов середовища. Відбулася *друга антропогенна екологічна криза (криза продуцентів)*, появу якої найчастіше пов’язують із засоленням ґрунтів та перевипасанням худоби. Як наслідок, відбулася *друга сільськогосподарська революція*, продовження якої відомо як «зелена революція». Внаслідок цієї революції людство перейшло до незрошувального (богарного) рослинництва, виведення стійких та високопродуктивних сортів, застосування добрив, пестицидів, генно-модифікованих організмів тощо. У тваринництві відбувся перехід від пасовищного до стійлового скотарства.

На початку XVIII століття відбулися наукові відкриття, які дозволили зробити стрибок у розвитку промисловості. Почали впроваджуватись і нові рослинні культури, що підвищувало ефективність землеробства і тваринництва. У другій половині ХIХ сторіччя разом із розвитком індустрії зросла частка енергії, яку отримували за рахунок викопного органічного палива. Почали накопичуватися відходи, що не піддаються біологічному руйнуванню, які, перемішуючись з токсичними залишками, стали порушувати життєдіяльність деструкторів. На даний момент людство на порозі *третьої антропогенної кризи* (*кризи редуцентів)*. Стрімке накопичення відходів та побічних продуктів виробництва починає виступати обмежуючим фактором самого виробництва та нормальної життєдіяльності людини. Ці процеси прогресують з кожним роком і для сучасного суспільства характерні такі особливості:

1) скорчується видова та функціональна різноманітність біоценозів у середовищах, що експлуатуються людиною;

2) порушується кругообіг речовин, оскільки значна частина відходів виробництва та споживання майже не розкладаються деструкторами;

3) людина запозичує із земної кори різні ХЕ, мінерали і гірські породи, які потім в значних кількостях розсіюються в природних середовищах завдяки процесам механічної, фізико-хімічної, біогенної і техногенної міграції. З екологічних позицій подібні накопичення різних залишків в перспективі можуть мати найзгубніші наслідки, тобто стати причиною катастрофічної деградації БС.

Максимальна експансія і розвиток промисловості піднесені до догми – безглуздість і абсурд з точки зору екології [22]. Така експансія можлива лише за умов надзвичайних енергетичних витрат та залучення величезної кількості речовини.

Жодний живий організм не може експлуатувати довкілля, нехтуючи законами біогеохімічного кругообігу речовин у такій мірі, яка несумісна з постійністю біоценозів; будь-яка істота, яка намагається споживати більше того, що виробляє ЕС, частиною якої вона є, приречена на загибель. Тому можливість необмеженого зростання споживання людством, чисельність якого постійно зростає, це міф технократів, зовсім не знайомих з екологією і не бажаючих розуміти, що людина – сама частина БС.

Одним із найважливіших факторів деградації БС є збільшення чисельності населення. Динаміка чисельності населення Землі схематично можна представити таким чином: 1 млрд. чол. – 1804 р.; 2 млрд. чол. – 1927 р.; 3 млрд. чол. – 1960 р.; 4 млрд. чол. – 1974 р.; 5 млрд. чол. – 1987 р.; 6 млрд. чол. – 1999 р.; 7 млрд. чол. – 2011 р. На 11 липня 2012 р. (Всесвітній день народонаселення ) кількість жителів Землі складало 7 млрд. 57 млн. 608 тис. чол. Прогноз на 2050 р. – 9,5 млрд. чол.

Аж до 1970-х років чисельність світового населення зростала за експоненційним законом, але в теперішній час спостерігається тенденція уповільнення темпів зростання населення Землі. У 2009 р. чисельність міського населення (3,4 млрд. чол.) вперше за всю історію людства зрівнялася з чисельністю сільського населення і далі очікується, що все більша частина світового населення буде представлена городянами.

Різке демографічне зростання - характерна риса ХХ сторіччя, названого епохою *демографічного вибуху*. Основні причини демографічного зростання – це систематичне скорочення смертності і зростання тривалості життя за рахунок покращення умов життя, медичної допомоги і т.д. Швидке зростання чисельності населення Землі, а в деяких регіонах й перенаселення, призводить до збільшення антропогенного навантаження на ЕС, зокрема на агроекосистеми.

При відповідній технології і господарюванні Земля може забезпечити мінімальний раціон для 30 млрд. чоловік і навіть більше, але людина не може обмежуватися тільки задоволенням потреб в їжі, тому для забезпечення фізичних і духовних потреб людини населення планети не повинно перевищувати 1,5 – 2,0 млрд. Людству слід зуміти і встигти перебудувати всю систему взаємовідносин так, щоб подальший розвиток йшов в напрямі коеволюції суспільства і природи (*коеволюція* – спільна, взаємопов'язана еволюція).

Єдине, що ми знаємо напевне, це те, що у XXI сторіччі чисельність населення Землі буде зростати. Згідно з теорією демографічного переходу, зростання населення сповільнюється, коли люди стають заможнішими і менш залежать від дитячої праці, однак це досить суперечливо (можна порівняти США і Індію). Більшість футурологів вважають, що ми повинні зменшити сучасні жахливі кількості відходів і стати більш 71 економними і бережливими, тобто перейти до раціонального природокористування. Інші вважають, що треба прийняти «*стратегію коралового рифу*», щоб досягнути успіху в умовах обмежених ПР. Необхідно мати на увазі, що людина є гетеротрофним природним утворенням і, якщо природа його створила, то вона зробить усе можливе, щоб його прохарчувати. Але це можливо за умови, що людина сама не буде їй в цьому заважати.

Як зазначалось на Міжнародних конференціях в Ріо-де-Жанейро (1992 р.), Каїрі (1994 р.) і Йоганнесбурзі (2000 р.) в стратегії розвитку людства необхідно передбачити розв'язання комплексу проблем зростання населення, здоров'я ЕС, технології і доступу до ПР. Демографічні програми повинні бути частиною більш широкої політики. Країни повинні мати уявлення про свої національні можливості життєзабезпечення населення. Демографічні програми потребують підтримки політиків, корінного населення, релігійних і традиційних установ, наукових кіл, належного фінансування, включаючи допомогу країнам, що розвиваються.

Проблема обмеженості ресурсів БС нерозривно пов'язана із проблемами демографічного росту, раціонального використання ПР та їх охорони. Рівень споживання енергії, мінеральної сировини, води та продуктів харчування з кожним роком зростає, тому прогнози відносно достатності їх у майбутньому варіюють від надто песимістичних до доволі оптимістичних, які часто використовуються усякого роду політиками у популістських заявах. Як сказав *М. Ганді*: «Ресурсів Землі достатньо, щоб задовольнити потреби кожного із нас, але не жадібність кожного із нас».

Виробництво продуктів харчування в цілому в світі збільшується, але зростає повільніше за ріст населення Землі, тобто не відповідає вимогам демографічного зростання. Якщо казати про всю продуктивність Землі, то у наш час вдається «зняти» з агроекосистем не більше 60-70% їх потенційних можливостей (врожайність в США – 73-78%, в Австрії - 68-73%, в Швеції - 70-75%, в Польщі - 69-74%, в Росії - 40-60%), тобто в умовах підвищення родючості ґрунтів за рахунок її кращого використання вони здатні утримувати 10 і більше мільярдів чоловік. Для того, щоб прогодувати населення планети, яке в 1999 р. перевищило 6-ти мільярдний рубіж, необхідно на існуючих площах агроекосистем подвоїти виробництво продуктів харчування. Теоретично за співвідношенням між рекордними і середніми врожаями ряду основних сільськогосподарських культур можна припускати, що виробництво їх може бути збільшено в 3–4 рази: кукурудзи – у 3,9 рази; пшениці – у 7,0; сої – 3,9; картоплі – 3,5; рису – 5,8; цукрового буряку – 2,4. Природно, що такий приріст можливий за умови вирощування високоврожайних та стійких сортів рослинних культур, вмілої обробки ґрунтів, правильного використання добрив та пестицидів і т.д. З цього можна зробити оптимістичний прогноз щодо можливого збільшення чисельності населення Землі на основі інтенсивного землеробства й тваринництва.

Слід зазначити, що значне зростання у третій чверті ХХ сторіччя світового виробництва зернових культур (в останні роки в Індії і Китаї) базувалось на значній витраті енергії, селекції, прогресивних формах агротехніки, широкому застосуванні мінеральних добрив, тому так звана «*зелена революція*» не дала істотних результатів у багатьох країнах, що розвиваються і не мають таких можливостей. «Зелена революція» призвела лише до тимчасових позитивних результатів, не знявши проблеми продовольства у світі. Екстенсивний шлях за рахунок розширення площ земель, які культивуються, припускає лише подвоєння населення земної кулі і може призвести до небажаних екологічних наслідків. Так, намір розширити сільськогосподарські угіддя за рахунок розчищання тропічних лісів р. Амазонки може призвести до лиха глобальних масштабів, оскільки будуть уражені «легені планети», у той час як ґрунти цих районів 72 малородючі і їх постійна культивація є неможливою. Розширення орних земель за рахунок опанування пустельних та напівпустельних територій економічно є недоцільним.

Неважко зрозуміти, що проблема виробництва продуктів харчування найтіснішим чином пов'язана з проблемою отримання енергоносіїв, мінеральної сировини, води і з проблемою народонаселення*.* Слід погодитись з *Ф*. *Рамадом* [22], який зазначає: «Питання, скільки людей в змозі прогодувати Земля, в дійсності поставлене невірно. Перш за все треба було спитати, до яких наслідків для БС приведе інтенсифікація світового виробництва продуктів харчування. Відповідь на це питання не викликає оптимізму». Із цього витікає, що терміново необхідно шукати шляхи стабілізації чисельності населення.

Як вважав *Ф. Рамад* [22], сучасні агроекосистеми не спроможні витримати навантаження у 6,7 млрд. чоловік (як зазначалось раніше, існують і більш оптимістичні прогнози, хоча деякі дослідники вважають, що агроекосистеми розраховані на навантаження лише 1,5 млрд. чоловік). Тобто існує проблема визначення оптимуму. Незалежно від шляхів розвитку агроекосистем та вирішення продовольчої проблеми, виходячи з інтересів збереження здоров'я людства і підтримання життєзабезпечуючих систем БС, єдиною правильною стратегією є поступове впровадження екологічно обґрунтованих форм розвитку сільського господарства.

Розширення і посилення антропогенного і техногенного тиску на ресурсно-екологічну систему Землі руйнує економічну основу СР, наносить величезну соціальну шкоду. Запобігання ресурсно-екологічній кризі і збереження довкілля перетворюються на головну мету: виживання людства. Розв’язання ресурсно-екологічної кризи ускладнюється «ефектом екологічного і економічного бумеранга», суть якого полягає в тому, що безмежна економіка руйнує природу, а руйнування природи підриває економіку [26, 27].

Природні фактори стосовно людини виконують функції, які умовно можна поєднати в чотири основні групи [27]: *фізіологічні функції* підтримують життя людини як біологічного організму («*біо-людина*»); *соціальні функції* забезпечують формування людини як особистості («*соціо-людина*»); *економічні функції* визначають діяльність економічної системи, в т.ч. відтворення людини як трудового ресурсу («*трудо-людина*»); *екологічні функції* формують, регулюють і підтримують стан ЕС, в якій живе людина. Хоча «біо-людина», «соціо-людина», «трудо-людина» існують в одному тілі, вони значною мірою відрізняються за своїми життєвими потребами, функціями і мотивами життєдіяльності. Безумовно, це дуже спрощена схема, адже тріада – це не просто сума складових, але надзвичайно складна система.

Екологічні функції є основою трьох інших. Будь яка ЕС є системою життєзабезпечення людини, суспільства й економіки. Як і організм людини, людське суспільство і його виробничі системи пристосовані до дуже вузького інтервалу властивостей ЕС. Будь-яка їх зміна, ініціатором чого в більшості випадків є сама людина, веде до значних негативних соціально-економічних наслідків. Це диктує певні умови функціонування економічної системи [27]: 1) діяльність людини не повинна переходити межі самовідновлення природних ЕС; 2) у випадках перевищення природних можливостей самовідновлення, виробництва повинні нести витрати на відтворення порушених властивостей; 3) у тому випадку, коли територіальна система чи економічний суб’єкт використовує екологічний потенціал сусідньої території чи суміжного суб’єкта, система чи суб’єкт повинні відшкодувати витрати на підтримання ЕС, включаючи втрачену вигоду від стримування економічного зростання; 4) у випадку необхідності кардинальної зміни ЕС суспільство має виділяти кошти на збереження 73 природних еталонів (об’єктів природо-заповідного фонду) заради збереження можливості в разі необхідності повернути втрачені властивості.

В економічному плані фізіологічні, соціальні та екологічні функції безцінні. Вартісну оцінку можуть отримати тільки економічні функції природи. Природні фактори можуть виконувати функції капіталу, бо вони здатні приносити дохід тім, хто їх використовує. Природні блага мають властивості товару, бо можуть продаватися (прямо або опосередковано через інші предмети і послуги). Ціна природних благ визначається тією сумою коштів, за яку продавець згодний їх продати, а покупець готовий купити. Мінімальний рівень ціни продавця визначається витратами відтворення природних благ. Максимальний рівень ціни покупця обумовлений вигодою їх використання [27].

Як відмічають *В.С. Крисаченко, М.І. Хилько* [28], антропогенна діяльність стала причиною непоправних змін БС і її складових, які знаходиться в стані *екологічної кризи*, що характеризується: 1) атрибутивними ознаками природних ЕС, зміщених до межі, біля якої виникає загроза втрати їх ідентичності; 2) зростанням потужності людства як геологічної сили; 3) критичним станом ЕС різної об’єктної визначеності та розмірності (видові, локальні, тотальні, глобальні).

*Видові (компонентні) екологічні кризи* виникають унаслідок того, що відповідний стан ЕС зумовлюється зникненням певних її компонентів чи інших видів. *Локальні (репрезентативні) екологічні кризи* обумовлюють руйнування цілих ЕС, яким не завжди вдається відновитися. *Тотальні (панойкуменні) екологічні кризи* приводять до суцільного руйнування всієї або переважної більшості ЕС високого ієрархічного рівня, охоплюють значні еколого-ландшафтні зони. *Глобальні (біосферні) екологічні кризи* порушують системну цілісність всієї БС.

Населення всієї Землі і кожного її жителя окремо зачіпає глобальна екологічна проблема – охорона довкілля і раціонального природокористування. Існує багато екологічних питань різного масштабу і різної значущості, але основні екологічні проблеми сучасності [2] можна систематизувати таким чином.

І. *Геокліматичні проблеми*: зміна клімату та геофізичних параметрів Землі на основі посилення теплового ефекту викидів метану і інших газових домішок, аерозолів, легких радіоактивних газів, зміни концентрації *О3* в тропосфері та стратосфері; загальне зниження вмісту стратосферного *О3*, утворення великої «озонової діри» над Антарктидою, малих «дір» над іншими регіонами планети; виснаження поверхневих вод суші, континентальних водоймищ, підземних вод, порушення балансу між поверхневими і підземними водами; утворення техногенних пустель в нових регіонах планети, розширення вже існуючих пустель, поглиблення самого процесу утворення пустель (загальна площа пустель і напівпустель 48,4 млн. км2, з них на частку антропогенних припадає не менше ніж 10 млн. км2); перетворення геологічного середовища та ландшафтів (штучні водосховища, дамби та греблі, відкриті геологічні розробки та підземні копальні, штучні гори та рівнини тощо).

ІІ. *Геохімічні (біогеохімічні) проблеми*: засмічування (контамінація) та інше забруднення найближчого космічного простору; забруднення атмосфери з утворенням кислотних опадів, сильно токсичних і згубно діючих ЗР внаслідок повторних хімічних реакцій, в тому числі фотохімічних (в цьому одна з основних причин руйнування озонового шару, на який впливають ХФУ, пари *Н2O*, *NOx*, малі газові домішки); забруднення Світового океану, поховання в ньому (дампінг) отруйних і радіоактивних речовин, насичення його *CO2* з атмосфери, надходження в нього антропогенних нафтопродуктів, інших ЗР, особливо важких металів і складних органічних сполук, підкислення мілководь за рахунок забруднення *SOx* і *NOx* атмосфери, розрив нормальних екологічних зв'язків між океаном і водами суші в зв'язку з будівництвом 74 дамб на ріках; забруднення поверхневих вод суші, континентальних водоймищ, підземних вод; радіоактивне забруднення локальних ділянок і деяких регіонів, особливо в зв'язку з поточною експлуатацією атомних пристроїв, чорнобильською аварією і випробуванням ядерної зброї; зміна геохімічних характеристик окремих регіонів планети в результаті, наприклад, переміщення важких металів і концентрування їх на поверхні землі при нормальній дисперсності в літосфері; накопичення отруйних та радіоактивних речовин, побутового сміття і промислових відходів, особливо практично нерозкладних і дуже стійких, типу поліетиленових виробів, інших пластмас; виникнення повторних хімічних реакцій у всіх середовищах з утворенням токсичних речовин.

ІІІ. *Біоценотичні проблеми*: порушення глобальної екологічної рівноваги, співвідношення екологічних компонентів, в т.ч. зсув екологічного балансу між Світовим океаном, його прибережними водами і впадаючими в нього поверхневими і підземними водами суші; скорочення площі тропічних дощових лісів і тайги, яке веде до дисбалансу кисню і посилення процесу зникнення видів тварин і рослин (вважається, що під загрозою зникнення знаходиться близько 10 тисяч видів); звільнення і утворення в ході вищезгаданого процесу нових екологічних ніш і заповнення їх небажаними організмами, шкідниками, паразитами, збудниками нових захворювань рослин, тварин, включаючи людину; абсолютне перенаселення Землі і демографічний вибух в окремих регіонах; створення нових видів, сортів та штамів, у тому числі внаслідок маніпуляцій зі спадковою інформацією; погіршення середовища життя людини внаслідок комплексних змін довкілля (збільшення шумового забруднення, психологічних стресів та невротизації, забруднення повітря та харчових продуктів, виникнення «смутку нових міст», дискомфорту знеособленого будівництва, напруженого темпу міського життя і втрати соціальних зв'язків між людьми, виникнення «психологічної втоми» тощо.

**3.4 Суть глобального біологічного контролю**

Уперше нашу планету як живий організм став сприймати *В.І. Вернадський,* який зазначав, що геологічні (геохімічні) і біологічні процеси на планеті розвиваються спільно, допомагаючи один одному. Геохімічні процеси прямо або опосередковано контролюють функціонування ЖР. Його думка різко відрізнялася від уявлень *Ч. Дарвіна*, згідно яких, геохімічні процеси створюють середовище, в якому живі організми з'являються, пристосовуються до нього і розвиваються.

Загальновідомо, що абіотичні фактори контролюють діяльність організмів, але і самі організми в свою чергу впливають на абіотичне середовище і контролюють його розвиток, тому що між біотопом і біоценозом відбувається обмін речовиною та енергією. Організми, віддаючи до абіотичного середовища нові сполуки та енергію, постійно змінюють фізико-хімічну природу неорганічних речовин. На підтвердження цього можна навести наступні приклади: 1) склад морської води і донних відкладів значною мірою визначається активністю морських організмів (так, сульфатредукуючі бактерії перетворюють сульфати на сульфіди); 2) рослини, які ростуть на піщаній дюні, поступово утворюють ґрунти, абсолютно відмінні від початкового піщаного субстрату; 3) коралові поліпи і водорості будують з простої сировини, що постачається морем, рифи і створюють умови для нормального функціонування різноманітних гідробіонтів; 4) кисень і нітрати, що містяться в морській воді, утворені внаслідок життєдіяльності організмів і значною мірою контролюються нею; 5) аміак, що виділяється ґрунтовими 63

мікроорганізмами, підтримує в ґрунтах величину *рН*, сприятливу для життєдіяльності різноманітних мікроорганізмів; без цього величина *рН* була б різко кислою [11].

Весь хід розвитку БС свідчить про те, що організми, особливо мікроорганізми, разом з абіотичним середовищем створюють складну систему регулювання, підтримуючи на Землі умови, сприятливі для життя. На певній стадії розвитку БС організми почали і продовжують контролювати склад атмосфери. Розповсюдження біологічного контролю на глобальний рівень стало основою *гіпотези Геї* (Гея – давньогрецька богиня Землі).

Англійський хімік-фізик *Дж. Лавлок* і американський мікробіолог Л. *Маргуліс* (1973-1979 рр.) висловили думку про те, що біологічна і геохімічна складові пов'язані як симбіоз в атмосферних процесах, що підтримують земний клімат у відносно стійкому стані, який сприяє постійному розквіту життя. На їх думку, склад атмосфери з її унікально високим вмістом *О2* і низьким вмістом *СО2*, а також температурні умови і середовище кислотності на земній поверхні не можна пояснити, якщо не враховувати, що основну роль відіграла буферна (пом'якшувальна) активність ранніх форм життя (3 млрд. років тому). Вона координувалася активністю рослин і мікроорганізмів, що згладжувала коливання фізико-хімічних чинників. *Дж. Лавлок і Л. Маргуліс* показали, що температура поверхні планети ніколи не змінюється більш ніж на декілька градусів від її середньої величини. Ця величина залишається у вузькому температурному діапазоні, хоч, як вважають астрономи, з часу зародження БС інтенсивність сонячної радіації зросла на 30-50%. *Дж. Лавлок* розглядає повітря як «…складову частину самого життя, зроблену живими істотами для підтримки життя». Згідно гіпотези Геї, внаслідок взаємодії між біологічними і геохімічними процесами підтримується постійна кількість *О2* (21%) в атмосфері.

Відомо, що зростання *О2* на 1% підвищує імовірність пожеж на 60%, а при збільшенні на 4% вся планета буде охоплена напалмом і знищена вся жива речовина. Потрібно зазначити, що *О2* і *СО2* циклічно взаємодіють. Незважаючи на зміну сонячної активності, числа і різноманітності живих організмів, вміст О2 зберігається всередині дуже вузького діапазону. По *Дж. Лавлоку*, це пов'язано з тим, що надлишок О2 «гаситься» *СН4* в процесі реакції: *СН4 + 2 О2 = СО2 + 2Н2О*. Таким чином, протягом року 1 млрд. т *СН4* «гасить» 2 млрд. т О2. При цьому необхідно зазначити, що крім природних процесів, джерелом надходження *СН4* є і антропогенні джерела.

Процеси фотосинтезу підтримують баланс між такими важливими компонентами, як *O2* та *CO2*. Тільки завдяки цим процесам у геологічному минулому (2 млрд. років тому) став можливим не лише істотно кисневий склад атмосфери Землі, але й такий важливий фактор існування біосистем, як озоносфера, що захищає від згубного впливу УФВ на живі організми. Для порівняння можна зазначити, як різняться сучасний та добіосферні фізико-хімічні параметри атмосфери Землі порівняно зі атмосферою Марса і Венери (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Порівняльна характеристика складу атмосфери

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Землі і Марса (за *Дж. Лавлоком*, 1979) [11] Параметри | Земля  у наш час | Земля  до появи біосфери | Марс | Венера |
| *CO2, %* | 0,03 | 98,0 | 95,0 | 98,0 |
| *N2, %* | 79,0 | 1,9 | 2,7 | 1,9 |
| *O2, %* | 21,0 | Сліди | 0,13 | Сліди |
| *t пповерхні, С* | ≈13 | 290±50 | -53 | 477 |

***4.3.1 Екологічні проблеми поверхневих вод суші***

***Дефіцит води.***

Вода – найбільш важливий і широко вживаний ресурс. Антропогенний водозабір всіх джерел світу оцінюється у 4 тис. м3/рік. Обсяги інших природних ресурсів, таких як вугілля або нафта – на три порядки менше. Водні ресурси на суходолі розподілені нерівномірно. У Європі та Азії, де проживає понад 70% населення світу, зосереджено лише 39% прісної води. Росія за ресурсами займає провідне місце у світі: оз. Байкал містить 1/5 всіх світових запасів прісної води.

Україна за запасами прісної води посідає 87 місце поряд з Суданом та Іраком. Причому, кількість доступної води розподілена нерівномірно: у південних областях кількість води на особу втричі менше, ніж на північному заході. Лише 7% орних земель України зволожується у достатній мірі.

Конкуренція за водні ресурси у майбутньому може призвести до міжнародних конфліктів. Наприклад, на даний момент протягом останніх десятиліть розвивається конфлікт між Єгиптом та Суданом, Ефіопією, Угандою, Танзанією й Руандою.

Вода – локальний ресурс, який важко транспортувати. Тому видобування, використання та утилізація водних ресурсів відбувається поблизу від місця споживання. Це значною мірою зумовлює екологічні проблеми гідросфери.

Зарегулювання стоку.

Якщо у певному регіоні потреби у водних ресурсах починають перевищувати величину річкового стоку, а інших джерел прісної води немає, застосовують регулювання річкового стоку. Зарегулювання стоку проводять шляхом будівництва гребель, які штучно регулюють кількість води, яка пропускається нижче. Найдавніші греблі відомі у Єгипті за 3 тис. років до н.е. Як результат, більшість річок у світі має зарегульований стік: Дніпро – 6, Волга – 11, у басейні р.Колумбія (США) – 160 гребель. Всього в Україні побудовано 1087 водосховищ. На даний момент світові можливості великомасштабного гідротехнічного будівництва вичерпані і не відповідають критеріям економічної доцільності.

Зарегулювання річкового стоку у свою чергу призводить до виникнення низки екологічних проблем:

*а) Затримка завішених мінеральних речовин – замулення водосховищ.* Час існування водосховища обмежений процесами заповнення ложа водосховища річковими наносами. В результаті водосховища на рівнинних річках мають проектний час експлуатації від 100-120 до 500 років Наприклад, через замулювання з 1972 р. по 2000 р. глибина Нурекського водосховища (р. Вахш, Таджикистан) зменшилася на 75 110 м. За оцінками, експлуатаційний термін цього водосховища станом на 2012 р. становить 15-20 років.

*б) Зміна стоку біогенних речовин.* Як наслідок, відбувається розростання вищої водної рослинності. Площа водного дзеркала водосховища зменшується, прогресує замулення, виникають заморні явища внаслідок дефіциту кисню.

*в) Збільшення випаровування* – посилює дефіцит води, змінюються гідрохімічні показники (зокрема, жорсткість та загальна мінералізація).

*г) Підвищення ерозії берегів* – внаслідок абразивних та обвальних процесів відбувається посилення замулювання ложа водосховищ, змінюється форма берегів та прилеглих ландшафтів.

*д) Перешкоджання проходу мігруючих видів гідробіонтів* – греблі виступають штучними бар’єрами на шляху міграційних коридорів, по яких здійснювали пересування нерестові стада анадромних видів риб (здійснюють нерест у прісних водоймах, нагул – у морях). Затоплення прибережних ділянок, зникнення заплави річки призводить до зникнення нерестовищ.

*е) Поява адвентивних видів гідробіонтів* – зміна гідрологічного та гідрохімічного режиму водосховища дає можливість розселенню та бурхливому розвитку багатьох чужорідних видів гідробіонтів. Зокрема, ряд двостулкових молюсків (наприклад Dreissena) поширилися у водосховищах Північної півкулі завдяки гідротехнічному будівництву. У дніпровських водосховищах реєструються солоноводні види гідробіонтів (морський молюск Hypanis просунувся до Кременчуцького водосховища, пухлощока риба-голка зустрічається вище Києва

Забруднення.

Розрізнюють 3 види забруднення поверхневих вод суші: фізичне, хімічне і біологічне.

*Фізичне забруднення* поверхневих вод створюється скидом у них тепла і радіоактивних речовин. Теплове забруднення пов'язане, головним чином, з використанням води задля охолоджень ТЕС та АЕС, і відповідно близько 1/3 і 1/2 електроенергії, яка виробляється, скидаються в ту ж водойму. Внесок у теплове забруднення додають також і деякі промислові підприємства. Так, з початку цього сторіччя вода у Сені потеплішала понад 5оС, а багато річок Франції перестали замерзати взимку. У межах Москви на Москва-ріці тепер рідко можна побачити льодинки, а на притоках в районі скидів ТЕЦ спостерігаються ополонки з зимуючими на них качками. На деяких річках промислового сходу США іще наприкінці 1960-х років вода нагрівалася до 38-48оС.

Радіоактивне забруднення гідросфери може викликатися як природними джерелами (виходами підземних та пластових вод в районах природних радіоактивних аномалій), так і штучними джерелами (скиди радіоактивних речовин, випробування ядерної зброї).

*Хімічне забруднення* створюється надходженням до поверхневих вод різних токсичних речовин, основними джерелами яких є доменне і сталеливарне виробництва, підприємства кольорової металургії, гірничодобувна, хімічна і нафтопереробна промисловості, а також екстенсивне сільське господарство (яке використовує додаткові мінеральні та людські ресурси, але не можливості технічного прогресу). Крім прямих скидів стічних вод необхідно враховувати також можливість забруднення поверхневих вод під час взаємодії з іншими природними середовищами (атмосферою, педосферою та літосферою). Масштаби забруднення поверхневих вод деякими металами такі: *Mn* - 262, *Zn* - 226, *Cr* - 142, *Pb* - 138, *Ni* - 113, *Cu* - 112, *As, Se* - 41, *Sb* - 18, *V* -12, *Mo* - 11, *Cd* - 9,4 та *Hg* - 4,6 тисяч т/рік. Інтенсивно забруднюють поверхневі води целюлозно-паперова і нафтопереробна 111 промисловості, у стоках яких містяться нафтопродукти, феноли, складні органічні сполуки, хлор, кольорові метали та ін. Наявність нафтопродуктів (НП) у водах знижує здатність водних об'єктів до самоочищення. Завислі і розчинені НП розкладаються не скоріше, ніж за 100-150 днів і призводять до порушення природних біологічних процесів у водному середовищі. В останні роки поверхневі води країн колишнього СРСР у 80% випадків спостережень виявились забрудненими НП, у 60% - фенолами і 40% - важкими металами. У поверхневі води суші надходить багато нітратів через нераціональне використання азотних добрив і збільшення викидів автотранспорту; це стосується і фосфатів (добрива, миючі засоби), вуглеводнів (нафта і продукти її переробки). Одним із небезпечних ЗР є *синтетичні поверхнево-активні речовини* (СПАР), які широко використовуються у побуті для збільшення змочування, піноутворювання. В Україні на даний момент законодавчо не обмежене використання, ввезення та продаж фосфатовмісних миючих засобів. Як результат, станом на 2012 р. всі без виключення поверхневі води на території України є забрудненими фосфатами. У Європі та багатьох інших країнах світу понад десятиліття діє обмеження або ж повна заборона використання фосфатовмісних миючих засобів. Надходження фосфатів до водойм призводить до інтенсивного розвитку водної рослинності, цвітіння річок, зниження вмісту водорозчинного кисню, паралізації діяльності мікроорганізмів та, відповідно, до припинення процесів біологічної самоочистки.

Органічні речовини, які потрапляють до водойм можуть бути як природного, антропогенного так і змішаного походження. За здатністю до мікробіологічного руйнування їх поділяють на *нестійкі* та *стійкі органічні* забруднюючі речовини. Нестійкі органічні ЗР легко окислюються сапротрофними мікроорганізмами, які при цьому споживають з води розчинений кисень. Тому, кількість таких органічних сполук оцінюють з величиною *біохімічного споживання кисню* (*БСК*). БСК визначається як кількість кисню, що споживається мікроорганізмами при окислюванні органічних речовин, які містяться в одиниці об'єму води, за визначений період часу. На практиці БСК оцінюють за п'ять діб (БСК5) та за двадцять діб (БСК20). Зазвичай БСК20 трактують як повне БСК (БСКПОВН), ознакою якого є початок процесів нітрифікації в пробі води. БСК є оцінкою загального забруднення води органічними речовинами.

*Стійкі органічні ЗР* характеризуються токсичними властивостями, які проявляються навіть при незначній кількості у воді, виявляють стійкість до мікробіологічного розкладання. Вони характеризуються біоакумуляційними властивостями, для них властивий транскордонний перенос по повітрю, воді та мігруючими організмами. Вони накопичуються в екосистемах суходолу, і, особливо, водних біоценозах. Для характеристики їх вмісту у воді використовують величину *хімічного споживання кисню* (*ХСК*). ХСК визначається як кількість хімічного окислювача у перерахунку на кисень, необхідну для окислювання органічних і мінеральних речовин, що містяться в одиниці об'єму води. При визначенні ХСК використовують біхромат калію (*К2Сr2O7*). ХСК як і БСК не дає інформації про склад забруднення, проте дозволяє оцінити загальні обсяги такого забруднення.

*Біологічне забруднення* створюється мікроорганізмами (в тому числі хвороботворними), а також органічними речовинами, здатними до бродіння. Головне джерело біологічного забруднення поверхневих вод суші та прибережних морських вод - комунально-побутові стоки: каналізаційний скид, харчові відходи, стічні води підприємств харчової промисловості (бойні, м'ясокомбінати, молочні, сироварні, цукрові заводи і ін.), целюлозно-паперової та хімічної промисловості, а в сільській місцевості - стоки великих тваринницьких комплексів. Біологічне забруднення може стати причиною епідемій холери, черевного тифу, паратифу та інших кишкових інфекцій, а також деяких вірусних захворювань (гепатит). Найбільш оптимальним 112 санітарно-показовим мікроорганізмом води є кишкова паличка (*Escherichia coli*). З одного боку, вона - постійний мешканець кишківника людини, а з іншого - забруднення вод бактеріями кишкової групи знаходиться в тісному зв’язку з надходженням фекалій, господарсько-побутових стічних вод і т.д., а відповідно і з наявністю патогенних бактерій. Ступінь біологічного забруднення характеризують за допомогою таких показників: *колі-тітр* – це найменший об’єм води, який припадає на одну кишкову паличку; *колі-індекс* – це абсолютна кількість кишкових паличок в 1 дм3 води. Крім того, використовуються додаткові санітарно-показові організми: протей (мікроб гниття), термофільні (до 80оС) мікроорганізми, бактеріофаги, гідробіологічні одноклітинні і багатоклітинні організми тощо.

При визначенні гідроекологічних умов, орієнтуються на стан гідробіонтів, ступінь сапробності і трофності та інші критерії.

*Сапробнiсть* – це ступінь насичення води органічними речовинами, які, як правило, не мають токсичної дії.

*Трофнiсть* – ступінь первинної біологічної продуктивності водних екосистем, який визначається вмістом у воді фосфору, азоту і інших біогенних елементів та комплексом гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних і інших факторів.

*Гідробіонти* поділяються на: 1) *бентос* (мешканці дна водойми чи водотоку); 2) *планктон* – дрібні мешканці товщі води, які не здатні до активного переміщення у товщі води(дрібні ракоподібні, одноклітинні водорості); 3) *нейстон* (організми, які мешкають у поверхневій плівці води); 4) *пагон* (найпростіші, коловертки, черви, молюски, ракоподібні та ін., які зиму проводять у льоду в стані анабіозу, а весною оживають і продовжують планктонний чи бентосний спосіб життя); 5) *перифітон* – група гідробіонтів, що живуть на межі фаз вода – твердий субстрат, який може бути дуже різним за походженням (каміння, бетон, деревина, твердий покрив тварин, вищі водорості тощо); 6) *нектон* – активно плаваючі пелагічні часто великі за розміром тварини, переважно хижаки.

Гідробіонти мають санітарно-індикаторне значення. При оцінці води за шкалою сапробності (система *Р. Кольквіца – М. Марсона*) враховують наявність у водоймі певних видів організмів. За наявністю специфічних організмів, які здатні мешкати у воді, збагаченій розчиненими органічними речовинами, виділяють наступні зони сапробності: I – *полісапробна* (зона дуже сильного забруднення); П – *α-мезосапробна* і *β-мезосапробна* (зони середньої забрудненості); Ш – *олігосапробна* (зона чистої води) [43].

ЗР у водні об’єкти надходять такими шляхами: зі стічними водами населених пунктів, міст, промислових і сільськогосподарських підприємств; з дощами і талими водами в результаті змиву з поверхні ґрунту побутового бруду, НП, добрив, отрутохімікатів та інших речовин; від водного транспорту і споруд на берегах; безпосередньо з атмосферними опадами, в яких містяться розчинені ЗР від викидів до повітряного басейну тощо.

*Зворотна вода* – це вода, що повертається за допомогою технічних споруд і засобів із господарської ланки кругообігу води до його природних ланок у вигляді скидної, дренажної і стічної води (*ДСТУ 3041-95*):

*- скидна вода* – вода, що відводиться із зрошуваних сільськогосподарських угідь і поливних забудованих територій, а також вода, відведена від ділянок, на яких застосовується гідромеханізація;

*- дренажна вода* - вода, яка профільтрувалась у дренаж із тіла гідротехнічної споруди чи її основи, а також із осушуваного (зрошуваного) земельного масиву;

*- стічна вода* - вода, що зібралась у процесі господарсько-побутової та виробничої діяльності чи при відведенні наслідку опадів із забудованих територій. 113 За походженням *стічні води* поділяються на декілька груп: 1) *господарсько-побутові*; 2) *промислові*; 3) *поверхневий стік* підприємств і населених пунктів; 4) *сільськогосподарські*; 5) *рудникові і шахтні води*. Кожна група має свій специфічний склад, в якому переважає певна сукупність ЗР.

*Господарсько-побутові стоки* містять в собі велику кількість органічних і мінеральних речовин в розчиненому і завислому стані. Згідно з нормами [44] від одного мешканця за добу в каналізаційну систему надходять: 65 г завислих речовин, 70 г органічних речовин, 9 г хлоридів, 8 г азоту амонійного, 3,3 г фосфатів, 2,5 г синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Концентрація (мг/дм3) вказаних ЗР залежить від норми скиду в даному населеному пункті і визначається за формулою:

*С = а /(n**1000),* (4.3)

де: *а* - норма забруднення, г/доба на 1 мешканця;

*n* - питома норма скиду, дм3/доба на 1 мешканця [44].

*Промислові стоки* відрізняються великою різноманітністю складу і концентрації ЗР, що визначається специфікою виробництва і системою водопостачання і водоскиду. На промислових підприємствах до 90% води витрачається на охолодження продуктів або апаратів і стоки зазнають лише теплового забруднення (I категорія). Іноді води слугують для поглинання і транспорту нерозчинних дисперсних домішок і частково розчинних солей, якими забруднюються (ІІ категорія). Води категорії Ш аналогічні по генезису, але додатково нагріваються при контакті з продуктами. Води категорії IV є безпосередньо реакційним компонентом і забруднені всіма складовими технологічного процесу. Крім того, стічні води підприємств поділяються [43]: 1) *за складом* (виробничі, побутові, атмосферні); 2) *за характером основних ЗР* (утримуючі мінеральні, органічні і органо-мінеральні домішки); 3) *за концентрацією* (слабо концентровані - до 0,5, середньо концентровані 0,5-5,0, концентровані - 5-30, дуже концентровані - понад 30 г/дм3); 4) *за агресивністю* (сильно кислі *рН* < 3,0; кислі *рН* = 3,0-5,0; слабко кислі *рН* = 5,0-6,5; нейтральні *рН=* 6,5-7,5; слабко лужні *рН=* 7,5-8,0; лужні *рН=* 8,5-9,5; сильно лужні *рН >* 9,5).

*Поверхневі стічні води промислових підприємств і населених пунктів* формуються за рахунок дощових, талих і поливомийних вод. Об'єм поверхневого стоку визначається: інтенсивністю опадів і їх тривалістю; загальною площею міської території і характером її забудови; рельєфом місцевості. Концентрація і склад ЗР у стічній воді залежить від галузевої приналежності підприємств. Загалом переважають завислі речовини (0,1-11,3 г/дм3), органічні речовини, НП, ВМ.

*Сільськогосподарські стічні води.* У стічних водах тваринницьких комплексів переважають органічні речовини, азот, фосфор; розчинені речовини становлять 20-35%, завислі - 65-80% від загального об'єму. До складу поверхневих стічних вод, зливових і талих вод з полів входять азот, фосфор, калій і отрутохімікати. Винесення біогенних елементів залежить від дози внесення, хімічного складу добрив, об'єму поверхневого стоку і типу ґрунтів. Так, за тривалого застосування високих доз мінеральних добрив до ґрунтових вод надходить до 20% внесеного азоту і 1,5 – 2,0% – фосфору. Винесення отрутохімікатів залежить від доз їх внесення, швидкості розкладання, міграційної здатності, інтенсивності водного стоку, періоду часу між їх внесенням і випаданням атмосферних опадів. Внаслідок надходження колекторно-дренажних вод у водних об'єктах збільшується мінералізація води (передусім за рахунок сульфатів і хлоридів).

*Шахтні і рудникові води* мають високу мінералізацію, *рН* < 7, і містять велику кількість рудних елементів, які знаходяться як в рідкій фазі, так і у зависі. Істотним джерелом забруднення водоймищ є поверхневі стічні води з породних 114 і рудних відвалів, територій гірничо-збагачувальних комбінатів.

Вміст ЗР у воді регламентується санітарними нормами і правилами та рибогосподарськими вимогами і вимірюється концентрацією в мг/дм3. Характеристикою небезпечності речовини для людини і живих організмів є *ГДК* і *клас шкідливості* (*I – надзвичайно шкідливі, П – дуже шкідливі, Ш – шкідливі, IV – помірно шкідливі*).

*ГДК* – максимальні концентрації, при яких речовини не впливають безпосередньо або опосередковано на стан здоров’я населення (при дії на організм продовж всього життя) і не погіршують гігієнічні умови водокористування.

*ГДК* встановлюється за *лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ)*. Встановлено такі *ЛОШ*: санітарно-токсикологічна, загальносанітарна, органолептична, рибогосподарська. Таким чином, *ГДК* – це мінімальні концентрації речовин, при яких проявляється одна з лімітуючих ознак шкідливості. При розрахунках необхідного ступеню очистки стічних вод від ЗР враховують їх адитивну дію. Для речовин тієї ж *ЛОШ* повинно витримуватись співвідношення:

n

*Σ (Ci / ГДКi) ≤ 1,* (4.4)

i

де *Ci* та *ГДКi* – відповідно концентрація *i*-ої речовини в очищених стічних водах і її *ГДК*, мг/дм3.

*Гранично допустимий скид (ГДС)* – кількість ЗР у стічних водах, максимально допустима для відведення в установленому режимі у певному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води у контрольному пункті. *ГДС* розраховується за найбільшими середньогодинними витратами стічних вод (м3) фактичного періоду їх випуску. Концентрація речовин приймається мг/л або мг/м3, а величина *ГДС* розраховується в грамах на годину (г/год). *ГДС* визначається за формулою:

*ГДС= qст* ***·*** *Сд,* (4.4)

де *qст* - витрата стічних вод (м3/год);

*Сд – допустима концентрація речовини в стічних водах (мг/м3).*

Неочищені і частково очищені стічні води, що надходять до водних об'єктів, призводять до зміни їх фізико-хімічних властивостей та забруднення. У забруднених водних об'єктах відбуваються складні процеси, які призводять до відновлення природного стану їх режиму. Сукупність гідродинамічних, біологічних, хімічних і фізичних процесів, які призводять до зниження концентрації ЗР у воді, називається *самоочищенням*. У багатьох водоймах та водотоках цей процес стає усе більш ускладненим через велику кількість ШР, які надходять і поділяються на: 1) *мінеральні* (пісок, глина, шлаки, попіл, розчини і емульсії солей, кислот, лугів, радіоактивні сполуки); 2) *органічні* (речовини рослинного і тваринного походження, а також смоли, феноли, спирти, барвники, альдегіди, сірко- та киснеутримуючі сполуки і т.д.); 3) *біологічні* (хвороботворні бактерії, віруси, збудники інфекцій).

Основними факторами забруднення поверхневих вод України є: 1) недостатньо очищені чи зовсім неочищені комунально-побутові і промислові стічні води, що містять органічні речовини, іони ВМ та інші ЗР; 2) НП, які надходять з промислових майданчиків та територій міської забудови; 3) зливні й талі води, що містять аналогічні ЗР; 4) змив з сільськогосподарських угідь продуктів мінеральних добрив і отрутохімікатів. 115 Обсяги скидання на території України зворотних вод в річки басейнів Чорного і Азовського морів у 2011 р. склали 7692 млн. м3 (в т.ч. неочищених – 270 млн. м3, недостатньо очищених – 1766 млн. м3). При цьому не враховано надходження ЗР з транзитними водами р. Дніпро, Дністер і Кілійського гирла Дунаю.

Евтрофікація.

Зворотні води значно збагачені біогенними елементами, які сприяють евтрофуванню водойм. *Евтрофування (евтрофікація)* – підвищення біологічної продуктивності водних об’єктів, в першу чергу водойм, в результаті накопичення у воді біогенів (*N, P, C*) під дією природних чи антропогенних факторів.

Основною причиною евтрофування («*цвітіння*») водних об’єктів (річок, водоймищ, озер, водосховищ, ставків, морів) є масове утворення синьо-зелених водоростей (СЗВ). Із 3400-4100 видів фітопланктону біля 300 (7%) здатні до створення масових скупчень. Масовий розвиток СЗВ обумовлюють такі фактори: 1) *фізичні* (горизонтальна неоднорідність водної маси; вертикальна стратифікація; висока сонячна активність; оптимальна температура води; вітри, течії, припливи; опріснення води); 2) *хімічні* (високий вміст біогенів, розчинених і завислих органічних речовин); 3) *біотичні* (відсутність або зменшення харчування фітопланктоном та зоопланктоном); 4) *антропогенні* (забруднення водних об’єктів біогенними речовинами).

Внаслідок посиленого розвитку у водному об’єкті рослин і мікроорганізмів, а потім їх відмирання, погіршуються органолептичні та фізико-хімічні властивості води (зменшується її прозорість, вода набуває зеленого чи жовто-бурого кольору, з’являються неприємний смак і запах, підвищується значення *рН*, спостерігається дефіцит кисню, виникають заморні явища і т.д.). Якість води погіршується при концентрації сирої біомаси СЗВ до 50-250 г/м3 води, а екологічно небезпечними є концентрації від 250-500 г/м3 і більше. В результаті «цвітіння» водних об’єктів: 1) завдається шкода стану гідробіоценозів і здоров’ю населення, господарському використанню водних ресурсів; 2) отруюються і гинуть дикі і домашні тварини, деякі гідробіонти; 3) руйнуються природні і напівштучні (аквакультури) ЕС, порушується біологічна різноманітність гідробіоценозів; 4) завдається значний економічний збиток (наприклад, негативні наслідки евтрофування північно-західної частини Чорного моря).

***4.3.2 Принципи оцінки якості поверхневих вод***

*Якість води* – характеристика складу води і властивостей води як компонента водної екосистеми і життєвого середовища гідробіонтів, а також в контексті придатності її для конкретних цілей водокористування [7]. Говорячи про якість вод, мають на увазі їх стан, про який судять по набору показників. *Показники якості води* – сукупність фізичних, хімічних та біологічних характеристик води. Набір показників якості для різних користувачів може бути різним і залежить від вимог, які висуває кожен користувач до складу й властивостей вод.

Таким чином, якість води – характеристика складу і властивостей води, яка визначає придатність її для конкретних видів водокористування; її стан, представлений набором показників, який відображає потреби користувачів у складі й властивостях вод.

Комплексна оцінка якості вод використовується у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів, може бути використана також для порівняння стану водного середовища різних водних об'єктів.

Як приклад, можна розглядати визначення якості поверхневих вод за 116 допомогою *індексу забруднення вод* (ІЗВ), який розраховується за шістьма показниками (*NH4+, NO2–*, НП, *С6Н5ОН, О2,* БСК5) згідно з формулою [47].

, (4.6)   n і і i ГДК C ІЗВ 1 6 1

де *Сі* – середнє арифметичне значення показника якості води; *ГДКі* – гранично допустима концентрація.

У формулі (4.6) для *O2* ГДК ділиться на середнє значення його концентрації.

Модифікований ІЗВ [47] розраховується теж за шістьма показниками: БСК5 і *O2* є обов'язковими, а інші чотири показники беруть за найбільшими відношеннями до ГДК зі списку: *SO42–*, *Cl*–, ХСК, *NH4+, NO2–, NO3–, РО43–*, *Fe* загальне, *Мn2+, Cu2+, Zn2+, Cr6+, Ni2+, Al3+, Pb2+, Hg2+, As3+*, НП, СПАР.

Критерії оцінки якості вод за ІЗВ наведені в табл. 4.4.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Таблиця 4.4 – Критерії оцінки якості вод за ІЗВ [47] **Клас якості води** | **Характеристика класу** | **Значення ІЗВ** |
| ***Для поверхневих вод суші*** | | |
| І | Дуже чиста | ≤ 0,30 |
| ІІ | Чиста | 0,31 – 1,00 |
| ІІІ | Помірно забруднена | 1,01 – 2,50 |
| IV | Забруднена | 2,51 – 4,00 |
| V | Брудна | 4,01 – 6,00 |
| VI | Дуже брудна | 6,01 – 10,0 |
| VII | Надзвичайно брудна | > 10,0 |
| ***Для морських вод*** | | |
| I | Дуже чиста | ≤ 0,25 |
| II | Чиста | 0,26 – 0,75 |
| III | Помірно забруднена | 0,76 – 1,25 |
| IV | Забруднена | 1,26 – 1,75 |
| V | Брудна | 1,76 – 3,00 |
| VI | Дуже брудна | 3,01 – 5,00 |
| VII | Надзвичайно брудна | > 5,00 |

***Питання для самоконтролю:***

1. Що таке біосфера?

2. Які основні типи речовин у складі біосфери? 3. Які межі біосфери?

4. Що являють собою «парабіосферні зони»?

5. Які основні висновки витікають із вчення Вернадського про БС?

6. Що являє собою біосфера за структурою?

7. Що таке «жива речовина»?

6. Які біогенні елементи входять до складу живої речовини?

8. Що таке біоіндикатори і біоіндикація?

9. Які хімічні елементи віднесені до групи «циклічних»?

10. Що таке біогеохімічний кругообіг (цикл)?

11. Які основні типи біогеохімічних кругообігів?

12. Опишіть суть кругообігу води.

13. У чому суть кругообігу вуглецю?

14. У чому суть кругообігу кисню?

15. У чому суть кругообігу азоту?

16. Опишіть кругообіги сірки і фосфору.

17. Що таке антропогенна частина біогеохімічних кругообігів?

18. У чому полягає суть «гіпотези Геї»?

19. Які основні етапи еволюції біосфери?

20. Що таке «точки Пастера»? 75

21. Які основні уявлення про ноосферу?

22. Що таке техногенез?

23. Що таке біотехносфера?

24. Яка головна причина деградації біосфери?

25. Які основні показники впливу людини на стан довкілля?

26. Які негативні наслідки «демографічного вибуху»?

27. Перелічить основні глобальні екологічні проблеми.

Гвоздяк П. І.

Скористаємося знову ж таки слушною порадою нашого земляка, уродженця м. Немирів, абсольвента Київського університету ім св. Володимира, аспіранта Лабораторії зоології Академії наук України, насамкінець професора Каліфорнійського університету (США) Теодозія Добжанського і розглянемо проблему в «світлі еволюції», а саме, виходячи з еволюційного розвитку функціональної ролі Людини в Біосфері.

Всі організми, які населяють Землю, екологи умовно поділяють на *продуцентів, консументів і деструкторів*. Продуценти – це, в основному, рослини, які поглинають енергію Сонця і синтезують найрізноманітніші за будовою, властивостями і призначенням природні органічні речовини. Консументи – тварини, які харчуються рослинами, або іншими тваринами. Деструктори – мікроорганізми, що руйнують залишки рослин і тварин та перетворюють органічні сполуки на оксиди вуглецю, водню, азоту...

Людина за своєю біологічною суттю і за початковою функцією в біосфері – типовий всеїдний *консумент*. Як складалися взаємини з Біосферою у такої первісної людини? Впливала вона на Біосферу, хоча б на якусь її частину? Ні, не впливала. Тобто цей вплив був не більшим, ніж інших тварин-консументів, наприклад, мавп, слонів, жирафів або вовків. Життя людське було жахливим, і уявити собі його можна, звернувшись до художньої літератури. Ось замальовка з натури видатного письменника, першого російського Нобелівського лауреата з літератури І.О. Буніна, який відвідав Цейлон і спостерігав в гірських лісах істоти з "людським серцем": «как жалок и страшен этот человек, это существо, потаеннее всякого зверя скрывающееся от меня, своего единоутробного брата, в этих древесных притонах! Он и теперь еще не знает ни огня и никаких орудий, кроме лука да каменного топора. Он питается кореньями и плодами, лакомится ящерицами, дохлыми обезьянами» [«Город царя царей»]. Про який вплив такої істоти на Природу може йти мова?!

Проте цей жалюгідний *консумент* оволодів вогнем і став ще й активним *деструктором* (спалювачем) органічних речовин (дерев, трав) у природі. Як все відразу змінилося! Людина, яка тримала в руці палицю, що горіла з іншого кінця, могла змусити тікати будь-якого звіра, захопити будь-яку печеру і, підтримуючи вогнище біля входу в неї, змогла у відносній безпеці ростити своє потомство. Навчившись добувати вогонь й користуватися ним для захисту від хижих тварин і для полювання, людина отримала незаперечну перевагу навіть перед найсильнішими тваринами; людська популяція, мабуть, швидко зростала. Проте потім, коли всі великі тварини були за допомогою вогню загнані в пастки, вбиті і з'їдені, прийшла перша серйозна розплата за благо користуватися вогнем – невідворотний, згубний масовий голод, якого не можна було уникнути навіть самими рішучими заходами, такими як випалювання цілих лісових просторів. Особинам, що залишилися, для забезпечення подальшого існування необхідно було знаходити нові, більш надійні та стабільні засоби. І вони були винайдені: приручення тварин, скотарство, землеробство. Мабуть, не просто праця (в природі є чимало прикладів організмів, що постійно гарують, особливо серед комах), а *праця із застосуванням вогню створила людину*.

Незліченні блага привніс з собою вогонь в життя людини, визначив її соціальний розвиток, дав безмежну, здавалося, владу над усім живим і косним, але водночас породив і деякі проблеми. "Плату за вогонь" людство приносить постійно – у все більш жорстоких війнах, при оволодінні та користуванні новими засобами пересування та енергії (згадаємо Чорнобильську трагедію), нарешті, у вигляді страху за реальну можливість винищення, спалення в термоядерній війні…

Значна частина екологічних порушень в біосфері стала наслідком підкорення людиною вогню, результатом того, що *людина – консумент* стала ще й *деструктором*. Не обійшлося й без впливу на воду. У тому числі з неочікуваними наслідками, особливо якщо прийняти за доведений факт біологічну ґенезу ряду корисних копалин, а саме нафти, газу метану тощо.

Це був перший, надзвичайно важливий, вирішальний та дуже багатий за своїми наслідками – в тому числі негативними – етап у взаєминах Людини та середовища її проживання.

Про масштаби впливу Людини-деструктора на біосферу можна судити з того, що на сьогодні тільки вугілля та нафти спалюється близько 4,6 млрд. тонн на рік, що вже можна порівняти з фотосинтетичною діяльністю всіх рослин Землі, що оцінюється в 10-100 млрд. тонн органічної речовини на рік. Мільйони тонн токсичних оксидів сірки, азоту, металів, СО та ін. надходять в біосферу з димовими та вихлопними газами, що не може не відбитися на здоров'ї та самопочутті мешканців Землі.

Однак найбільш істотне хімічне забруднення біосфери відбувається з настанням другого найважливішого етапу взаємин людини з довкіллям. Цей етап почався зовсім недавно – трохи більше ста років тому, коли Людина ще більше розширила свої функціональні можливості в біосфері та набула властивостей безпосереднього синтетика, *продуцента* органічних речовин.

Хімічний синтез має дві характерні риси: по-перше, він може здійснюватися абіотично, без допомоги інших організмів (на відміну від виробництва харчових і технічних продуктів на базі розвинутого землеробства, розведення і вилову тварин), і по-друге – і в цій проблемі, яку розглядаємо, найголовніше те, що в результаті такого синтезу утворюються речовини, яких раніше природа не знала.

На сьогодні, за даними Американського хімічного товариства, хіміками щорічно синтезується більше мільйона різноманітних речовин, серед яких принаймні тисяча на рік (а в цілому більше 65 тисяч найменувань) знаходять застосування на практиці, а, отже, надходять у біосферу. Ці речовини раніше в природі не зустрічалися, не брали участі в еволюції живого і тому з великими труднощами включаються в кругообіг елементів у біосфері. Їх так і називають – *ксенобіотики*, тобто чужі життю.

Важко, практично неможливо уявити собі життя сучасного, цивілізованого суспільства без синтетичних речовин. Синтетичні полімери у найрізноманітніших проявах – у вигляді пластмас, волокон, барвників, плівок, шкірозамінників і т. д. і т. п. – супроводжують нас усе життя. Поліетиленову плівку підстеляють нам у підгузки в перші ж наші дні на цій Землі і на мотузках зі штучного волокна опускають у землю труну з нашим тілом. У синтетику одягаємося, синтетикою насолоджуємося, синтетикою користуємося – куди не подивимося, за що не візьмемося – всюди речовини, вироблені хіміками. Великі блага принесла людині добута розумом здатність бути продуцентом.

Проте разом з безперечними досягненнями, розширенням функціональної ролі людини у біосфері на область синтезу органічних\* (\* – слово "органічних" у своєму первинному значенні – "вироблене організмами" – тут не підходить, оскільки йдеться, в основному, про хімічний синтез якраз таких речовин, яких у природі раніше не було) речовин несе з собою приховані до пори до часу, але по-справжньому великі печалі. Взагалі важко не дивуватися, що такий безсумнівно істотний якісний стрибок у розвитку людства як набуття здатності до штучного синтезу вуглецевих сполук залишається практично поза увагою як дослідників природи, так і філософів. Правда, у далекі двадцяті роки минулого століття В. І. Вернадський присвятив цьому питанню спеціальну статтю [«Автотрофность человечества»], але розглядав його з найактуальнішої на той час (особливо для Радянської Росії) точки зору – харчування, точніше, його нестачі. В. І. Вернадський бачив у хімічному синтезі можливість людини звільнитися від вікової залежності від рослинної і тваринної їжі, перетворитися на *істоту автотрофну*, здатну прогодувати себе, не вдаючись до послуг інших організмів. І хоча В. І. Вернадський незабаром зрозумів деяку ілюзорність своїх сподівань на досягнення людиною автотрофності, водночас він відчував масштабність, колосальну значимість і якусь приховану небезпеку того, що сталося з людиною. «Нам зараз важко, можливо немислимо, уявити усі геологічні наслідки цієї події», – писав В. І. Вернадський у 1925 році, – «Відображення такого синтезу на людському суспільстві, безсумнівно, торкнеться нас ще ближче. Чи буде воно благотворним, чи додасть нових страждань людству? Ми цього не знаємо». Але оптиміст за вдачею, В.І. Вернадський дивився на це відкриття з мудрим спокоєм натураліста і філософа і безмежною вірою в людину. "Перебіг подій, майбутнє, може бути визначене у сильній мірі нашою волею і нашим розумом. Потрібно вже зараз готуватися до розуміння наслідків цього відкриття, неминучість якого очевидна... Зрештою майбутнє людини завжди здебільшого створюється нею ж самою".

У той час, коли В.І. Вернадський писав ці рядки, забруднення біосфери не переросло у глобальну проблему. Але зараз...

Пригляньмося до речовин, що синтезуються людиною, ближче, і не до тих, що певною мірою можуть замінити нам рослинну або тваринну їжу, не до Несміянівської штучної ікри, а власне до ксенобіотиків, які не зустрічалися раніше ні у рослинних, ні у тваринних тканинах, ні у мікробних клітинах. Розглянемо галоїдовмісні речовини, нітросполуки, фосфорорганічні, сірковмісні і т.п. Саме їх людина синтезує мільйонами тонн, сипле, ллє, розвіює, використовує де треба і де не треба як пестициди (отрутохімікати або біоциди – дивно влучні слова!), миючі засоби, мономери у синтезі різноманітних полімерних матеріалів, барвники, інгібітори корозії, стимулятори росту, фізіологічно-активні субстанції, фармацевтичні препарати і т. д. і т. п., не кажучи вже про всілякі діоксини, бінарні та інші гази, «новачки» – хімічну зброю, що чекає свого часу.

Ксенобіотики мають ряд фізіологічно і екологічно неприємних якостей. Вони, як правило, токсичні – і це їх найменш шкідлива, можна навіть сказати – «благородна» властивість; вони накопичуються у живих організмах, і ступінь такої кумуляції у трофічному ланцюзі різко зростає. Але найбільш неприємна властивість ксенобіотиків – їх мутагенність. Вони впливають або на соматичні клітини людини і тим самим вкорочують життя нинішнього покоління, викликаючи рак, або (що ще гірше) діють на статеві клітини і ускладнюють існування поколінням прийдешнім, призводячи до народження фізично і психічно неповноцінних людей. Саме тому синтетичні речовини у біосфері становлять найбільшу екологічну небезпеку, і в цьому вони анітрохи не поступаються радіонуклідним елементам, але незрівнянно більш підступні, оскільки важко піддаються індикації та кількісному визначенню. І ця небезпека не міфічна, не вірогідна, не ймовірна. Ні, це реальний вже нині і постійно діючий, вкрай небажаний і дуже неприємний фактор. Ось зворотна медаль "синтетичних благ", ось та ціна, яку нам доводиться платити за задоволення бути ще й *продуцентами*.

Цілком очевидно, що надходження ксенобіотиків у навколишнє середовище необхідно якомога максимально обмежити. А це означає, що потрібно, в першу чергу, ретельно очищати від них стічні води, руйнувати ксенобіотики, деструктурувати їх. Такий процес можуть здійснювати найбільш швидко, економно і якісно лише мікроорганізми. І це не дивно. Адже мікроорганізми – основні деструктори всіх органічних речовин у природі. Саме вони забезпечують безперервне самоочищення ґрунту, повітря, водойм. Цю головну функцію мікроорганізмів у природі відкрив Л. Пастер, її підтвердили багато видатних мікробіологів, і зараз вона загальновідома. Екологи абсолютно справедливо вважають мікроорганізмів основою життя. М.М. Камшилов пише: "... за їх допомогою здійснюється природна саморегуляція біосфери. Дві властивості дозволяють мікроорганізмам відігравати таку важливу роль: можливість порівняно швидко пристосовуватися до різних умов і здатність використовувати у якості джерела вуглецю і енергії найрізноманітніші субстрати. Вищі організми не володіють такими здібностями. Тому вони можуть існувати лише у якості своєрідної надбудови на міцному фундаменті одноклітинних".

Досягнення мікробіології останніх років свідчать про те, що мікроорганізми здатні руйнувати всі органічні речовини, у тому числі й ксенобіотики, які розчиняються у воді.

Таким чином, зараз існує два аспекти забруднення навколишнього середовища хімічними сполуками: кількісний і якісний. Кількісний зумовлений бурхливим зростанням числа людських особин – як-не-як нас вжe існує на Землі одночасно понад 7 мільярдів! Якісний аспект безпосередньо пов'язаний з набуттям людиною властивості синтетика й різким, масованим надходженням у біосферу ксенобіотиків, недооцінювати які ми не можемо, навіть якби дуже хотіли.

**Питання до самоконтролю:**

32. Які основні фактори евтрофікації водних об’єктів?

33. Що таке педосфера?

34. Які основні причини деградації ґрунтів?

35. Які причини хімічного забруднення ґрунтів?

36. У чому полягає екологічна небезпека агрохімікатів і пестицидів?

36. Які основні методи захисту агроекосистем?

37. У чому суть органічного землеробства?

38. Що таке рекультивація земель?

39. Що таке геологічне середовище?

40. У чому суть ресурсної функції геологічного середовища?

41. У чому суть функцій геологічного середовища?