

Тема: Процеси самоочищення водних екосистем у біосфері.

Між компонентами водної екосистеми в процесі її функціонування безупинно відбувається обмін речовиною й енергією. Цей обмін носить циклічний характер різного ступеня замкнутості, супроводжуючись трансформацією речовини під впливом фізичних, хімічних і біологічних факторів. У ході трансформації може відбуватися поступове розкладання складних речовин до простих, а прості речовини можуть синтезуватися в складні. У залежності від інтенсивності зовнішнього впливу на водну екосистему і характеру протікання процесів відбувається або відновлення водної екосистеми до фонових станів (самоочищення), або водна екосистема переходить до іншого стійкого стану, що буде характеризуватися вже іншими кількісними і якісними показниками біотичних і абіотичних компонентів. У випадку, якщо зовнішній вплив перевищить саморегулюючі можливості водної екосистеми, може відбутися її руйнування. Самоочищення водних екосистем є наслідком здатності до саморегулювання. Надходження речовин із зовнішніх джерел є вплив, якому водна екосистема здатна протистояти у визначених межах за допомогою внутрісистемних механізмів. В екологічному змісті самоочищення є наслідком процесів включення речовин, що надійшли у водний об'єкт, у біохімічні кругообіги за участю біоти і факторів неживої природи. Кругообіг будь-якого елемента складається з двох основних фондів – резервного, утвореного великою масою повільно змінюваних компонентів, і обмінного (циркуляційного), що характеризується швидким обміном між організмами і середовищем їх існування. Усі біохімічні кругообіги можна розділити на два основних типи - з резервним фондом в атмосфері (наприклад, азот) і з резервним фондом у земній корі (наприклад, фосфор).

Самоочищення природних вод здійснюється завдяки залученню речовин, що надходять із зовнішніх джерел, у безупинні процеси трансформації, у результаті яких речовини, що надійшли, повертаються у свій резервний фонд.

Трансформація речовин є результат різних одночасно діючих процесів, серед яких можна виділити фізичні, хімічні і біологічні механізми. Величина внеску кожного з механізмів залежить від властивостей домішки й особливостей конкретної екосистеми.

Фізичні механізми самоочищення.

Газообмін на межі розділу «атмосфера-вода». Завдяки цьому процесу здійснюється надходження у водний об'єкт речовин, що мають резервний фонд в атмосфері, і повернення цих речовин з водного об'єкта в резервний фонд. Одним з важливих окремих випадків газообміну є процес атмосферної реаерації, завдяки якому відбувається надходження у водний об'єкт значної частини кисню. Інтенсивність і напрямок газообміну визначаються відхиленням концентрації газу у воді від концентрації насичення. Величина концентрації насичення залежить від природи речовини і фізичних умов у водному об'єкті – температури і тиску. При високих концентраціях, газ піднімається в атмосферу, а при низьких концентраціях, газ поглинається водною масою.

Сорбція – поглинання домішок зваженими речовинами, донними відкладеннями і поверхнями тіл гідробіонтів. Найбільше енергійно сорбуються колоїдні частки й органічні речовини, що знаходяться в недисоційованому молекулярному стані. В основі процесу лежить явище адсорбції. Швидкість нагромадження речовини в одиниці маси сорбенту пропорційна його ненасиченості по даній речовині і концентрації речовини у воді і обернено пропорційна вмісту речовини в сорбенті. Прикладами нормованих речовин, підданих сорбції, є важкі метали і СПАВ.

Осадження і збовтування. Водні об'єкти завжди містять деяка кількість зважених речовин неорганічного й органічного походження. Осадження характеризується здатністю зважених часток випадати на дно під дією сили тяжіння. Процес переходу часток з донних відкладень у зважений стан називається збовтуванням. Він відбувається під дією вертикальної складової швидкості турбулентного потоку.

Хімічні механізми самоочищення.

Фотоліз - перетворення молекул речовини під дією світла, яке поглинається ними. Окремими випадками фотолізу є фотохімічна дисоціація - розпад часток на більш прості і фотоіонізація – перетворення молекул в іони. З загальної кількості сонячної радіації порядку 1% використовується у фотосинтезі, від 5% до 30% відбивається водною поверхнею. Основна ж частина сонячної енергії перетворюється в тепло і бере участь у фотохімічних реакціях. Найбільш діючою частиною сонячного світла є ультрафіолетове випромінювання. Ультрафіолетове випромінювання поглинається в шарі воді товщиною порядку 10 см, однак завдяки турбулентному перемішуванню може проникати й у більш глибокі шари водних об'єктів. Кількість речовини, які піддаються дії фотолізу, залежить від виду речовини і його концентрації у воді. З речовин, що надходять у водні об'єкти, відносно швидкому фотохімічному розкладанню піддаються гумусні речовини.

Гідроліз – реакція іонного обміну між різними речовинами і водою. Гідроліз є одним з ведучих факторів хімічного перетворення речовин у водних об'єктах. Кількісною характеристикою цього процесу є ступінь гідролізу, під якою розуміють відношення гідролізованої частини молекул до загальної концентрації солі. Для більшості солей вона складає кілька відсотків і підвищується зі збільшенням розведення і температури води. Гідролізу піддаються й органічні речовини. При цьому гідролітичне розщеплення найчастіше відбувається по зв'язку атома вуглецю з іншими атомами.

Біохімічне самоочищення

є наслідком трансформації речовин, здійснюваної гідробіонтами. Як правило, біохімічні механізми вносять основний вклад у процес самоочищення і тільки при пригніченні водних організмів (наприклад, під дією токсикантів) більш істотну роль починають відігравати фізико-хімічні процеси. Біохімічна трансформація речовин відбувається в результаті їх включення в трофічні мережі і здійснюється в ході процесів продукції і деструкції.

Особливо важливу роль відіграє первинна продукція, тому що вона визначає більшість внутрішньо-водоємних процесів. Основним механізмом новоутворення органічної речовини є фотосинтез. У більшості водних екосистем ключових первинних продуцентів є фітопланктон. У процесі фотосинтезу енергія Сонця безпосередньо

трансформується в біомасу. Побічним продуктом цієї реакції є вільний кисень, утворений за рахунок фотолізу води. Поряд з фотосинтезом у рослинах йдуть процеси дихання з витратою кисню.

Автотрофна продукція і гетеротрофна деструкція – дві найважливіші сторони перетворення речовини й енергії у водних екосистемах. Характер і інтенсивність продукційно-деструкційних процесів і, отже, механізм біохімічного самоочищення визначаються структурою конкретної екосистеми. Тому вони можуть істотно розрізнятися в різних водних об'єктах.

У водотоках у силу інтенсивного перемішування і невеликих глибин вертикальна зональність не виражена. По живому перетині потоку розрізняють рипаль – прибережну зону і медіаль – відкриту зону, що відповідає стержню річки. Для рипалі характерні невисокі швидкості течії, зарослі макрофітів, високі значення кількісного розвитку гідробіонтів. У медіалі швидкості руху води вищі, кількісний розвиток гідробіонтів нижчий. За подовжнім профем розрізняють зони плесів і зони перекатів. У зоні плесів, що характеризуються уповільненими течіями, кількісно багатше видове різноманіття, але якісно бідніше. Для перекатів характерна зворотна картина. Комплекси екологічних умов позначаються на процесах самоочищення у водотоках. Для уповільнених течій характерні сприятливі умови для фотосинтезу, інтенсивні процеси трансформації речовин, процеси осадження. Для зон з підвищеними швидкостями характерні інтенсивні процеси перемішування, газообміну і деструкції речовин.

У водоймах екологічна зональність виявляється чіткіше, ніж у водотоках. У водоймах по горизонтальному профілю виділяють літораль – зону прибережних мілководь і пелагіаль (лімнічна зона) – зону відкритої води. У глибоких водоймах у водній масі пелагіалі по вертикалі виділяють три зони – епілімніон, металімніон і гіполімніон. Металімніон, або термоклин, є зоною, що розділяє епілімніон і гіполімніон. Він характеризується різким зниженням температури води (1 градус на 1 м глибини). Вище металімніону розташований епілімніон. Для епілімніону характерна перевага продукційних процесів. Зі збільшенням глибини, у міру зниження фотосинтетично активної радіації (ФАР) відбувається зменшення інтенсивності фотосинтезу. Глибина, при якій продукція стає рівна деструкції, називається компенсаційним обрієм. Вище його розташовується трофогенна зона, де переважають продукційні процеси, а нижче – трофолітична, де переважають процеси дихання і розкладання. Трофогенна зона знаходиться в епілімніоні, а трофолітична, як правило, охоплює металімніон і гіполімніон.

У придонній зоні водойм, крім літоралі, виділяють профундаль – глибоководну частину, що приблизно збігається з частиною ложа водойми, заповненого водами гіполімніону.

Евтрофування, під яким розуміють гіперпродукцію органічної речовини у водному об'єкті під дією зовнішніх (алохтонних) і внутрішньо-водоємних (автохтонних) факторів, є однієї із серйозних екологічних проблем, з яким зіштовхуються майже всі країни. Евтрофуванню піддані практично будь-які водні об'єкти, однак найбільше яскраво воно виявляється у водоймах. Евтрофування водойм є природним процесом,

Його розвиток оцінюється геологічним масштабом часу. У результаті антропогенного надходження біогенних речовин у водні об'єкти відбулося різке прискорення евтрофування. Підсумком цього процесу, названого антропогенним евтрофуванням, є зменшення тимчасового масштабу евтрофування від тисяч років до десятиліть. Особливо інтенсивно процеси евтрофування протікають на урбанізованих територіях, властивим міським водним об'єктам.

*Очисна здатність водою (**Self-purification (of waters)**) - явище унікальне і досить складне, оскільки ґрунтується на взаємодії гідрологічних, фізичних, біологічних і хімічних механізмів, спрямованих на звільнення екосистеми від продуктів метаболізму і відмирання тварин і рослин, а також забруднень, які надходять з антропогенних джерел.*

Інтенсивність процесу залежить від обсягу води і дії чинників перемішування водних мас (течія і вітер), кількості сонячної радіації і суми активних температур. У значній мірі, самоочищення водою залежить від географічного положення, морфометрії та геологічних умов. У теплих поясах самоочищення водних екосистем відбувається швидше, ніж у холодних, а в зимовий період - менш інтенсивно, ніж у літній.

До фізичних факторів самоочищення відноситься, перш за все, седиментація - осадження нерозчинених органічних (відмерлі організми, фекалії, злущений епітелій, слиз) і мінеральних речовин (частинки піску, глини, мулу, вапняків, солей металів тощо). Інфузорії, губки, черви, молюски, личинки комах та інші водні організми забезпечують біологічну седиментацію. Наприклад, інфузорії рухом джгутиків створюють навколо себе завихрення води, до яких втягуються органічні слизові та мінеральні мікрочастинки. Внаслідок злипання між собою, такі частинки швидше осідають на дно. Частинки корму коловерток осідають з потоком води, що утворює коловоротний апарат цих гідробіонтів. Губки також осаджують мікрочастинки, що відбувається після проходження води через спеціальні камери їх організмів. Тому, досить часто, біологічна седиментація переважає фізичну. За температури вище 4 °С осадження мінеральних часток прискорюється за рахунок зменшення щільності води.

У процесах біологічного самоочищення водойм виділяються дві фази: анаеробна і аеробна. Анаеробна фаза характеризується утворенням проміжних продуктів з органічного матеріалу, які зазнають гниття, переважно, за рахунок життєдіяльності бактерій і деяких найпростіших. В аеробних умовах у розкладі органічної речовини бере участь велика кількість різноманітних груп гідробіонтів, перш за все, інфузорії, коловертки, водорості та інші організми планктону, нектону та бентосу.

Важливе значення фотосинтезуючих організмів у процесі самоочищення, вперше відмітив проф. Н.С. Строганов (1902-1982). Він писав, що за самоочищення ставків, які заповнені стоками, необхідний для проходження цих процесів кисень виділяється фотосинтезуючим фітопланктоном. Це припущення підтвердили інженери, які організовували очищення побутових стоків у рибоводних ставках. У цілому, і фітопланктон і вища водна рослинність як антагоністи бактерій грають важливу роль не тільки в процесах мінералізації органічної речовини, а й у формуванні санітарно-гігієнічного стану водойм. Так, вищі рослини активно поглинають із води азот і фосфор, вибірково калій, залізо, хлор і марганець, що особливо інтенсивно відбувається в період їх посиленого зростання і розвитку. Поглинаючи та акумулюючи в собі біогенні елементи та органічні сполуки, вища водна рослинність розкладає пестициди та інші забруднюючі речовини, які потрапляють у водні об'єкти внаслідок діяльності людини. Двустовлкові молюски, наприклад, пропускають крізь себе за добу до 3 л води на 1 особину, тим самим очищуючи її від сторонніх домішок, у тому числі й від зважених часток.

Взагалі, всі гідробіонти здатні акумулювати розчинені у воді речовини, зокрема токсичні та радіоактивні, що після відмирання організмів депонуються в донних відкладах. Акумуляція здійснюється за фізичними законами сорбції, а також як наслідок метаболізму гідробіонтів. Цей фільтр весь час відновлюється і працює безперервно. Співвідношення вмісту токсичної речовини в тканинах організму і в навколишньому середовищі відображує коефіцієнт накопичення (концентрування), величина якого може сягати десятків і сотень тисяч. Наприклад, для дафній коефіцієнт накопичення бенз(а)пірену складає 13000, метилртуті - 4000, ДДТ - 23000. Середній коефіцієнт накопичення ртуті вищими водоростями - 550, зоопланктоном і бентосом - 2240, рибами - 2700. Як правило, значення коефіцієнта тим вище, чим меншим є вміст елемента у воді. При цьому, коефіцієнт накопичення може змінюватись залежно від стану організмів та параметрів водного середовища, які безпосередньо сприяють проникненню речовини до тканин організму.

У свою чергу, хімічні процеси самоочищення, що протікають у водоймах, міцно пов'язані з біологічними та реалізуються у вигляді механізмів позбавлення організмів від чужорідних речовин (біотрансформації). Це забезпечують реакції окислення, відновлення і гідролізу, що мають місце при загальному обміні речовин організмів. Згодом, хімічно активні групи чужорідних молекул виявляються пов'язаними з молекулами організму або зруйнованими під дією їх ферментів. Так підвищується водорозчинність токсичних елементів, що і сприяє їх переходу в нетоксичні форми.

Однак, іноді, при перетворенні чужорідних сполук, в організмі можуть утворюватися більш токсичні похідні, ніж вихідні речовини. Таке явище прийнято називати летальним синтезом. У подібних випадках, гідробіонти відчують віддалені індивідуальні наслідки інтоксикації, які з часом призводять до певних змін у трофічній структурі водних екосистем, що згодом негативно впливає на самоочисну здатність води.

Напрямок та швидкість хімічних і біохімічних процесів визначає величина окисно-відновного потенціалу природних вод, яка залежить від концентрації вже згаданого кисню. Концентрація розчиненого у воді кисню на рівні 5 мг/дм³ вважається мінімальною необхідною аби запобігати негативним наслідкам процесів денітрифікації та сірководневого бродіння в водоймі. До того ж, це забезпечує водорозчинність органічних речовин донних відкладень, підвищення рухливості заліза, марганцю та інших елементів. Іншими словами, вміст кисню у воді відображує біологічну активність водного середовища.

Отже, розглянуті механізми мають велике значення в загальному кругообігу речовин у водних екосистемах, трансформації та перетворенні різних за походженням елементів, їх міграції та розподілу, що в сукупності становить надзвичайно важливий природний процес - самоочищення води.