

С. М. МАДЖД, к.т.н, доц.

Національний авіаційний університет

МЕХАНІЗМИ ДЕЗАКТИВАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В ГІДРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

У статті проаналізовано механізми відновлення якості води в гідробіотехнологічних системах. Для підвищення рівня екологічної безпеки водних систем розкрити механізми деструкції органічних речовин, мінеральних з'єднань, важких металів, нафтопродуктів, радіоактивних речовин у гідрофітних інженерних спорудах. Встановлені процеси дезактивації стічних вод характерні для макрофітів та мікроорганізмів-деструкторів.

Ключові слова: гідрофітні споруди, якість води, макрофіти, екологічна безпека.

Вступ

Для мінімізації негативного впливу поллютантів на гідросферу необхідна розробка нових і удосконалення існуючих методів очищення стоків шляхом зниження концентрацій забруднювачів до нормативних показників. Найбільш ефективними, низькозатратними і екологічними є способи очищення стічних вод, засновані на функціонуванні різноманітних гідробіотехнологічних системах, в яких використовуються біоценози різних видів водяних організмів – вищих водних рослин (ВВР), бактерій, водоростей, безхребетних, риб [1,33; 2,13; 3,111; 4].

Постановка проблеми

В процесі забруднення поверхневих вод змінюється їх фізико-хімічний склад, погіршуються умови існування водяних організмів, порушуються процеси самоочищення і знижується їх санітарний стан, що з рештою призводить до деградації водних екосистем. Вивчення механізмів дезактивації забруднювачів в штучно створених біоценозах з гідробіонтами різних трофічних рівнів, основною ланкою яких є ВВР

дозволить поліпшити екологічний стан водних екосистем, підвищити ступень доочищення забруднених вод та суттєво зменшити надходження до водойм залишкових концентрацій забруднюючих речовин [1,34; 5,203; 6; 7,13].

Аналіз досліджень і публікацій

Розкриття механізму функціонування гідрофітних угруповань, їх ролі у відновленні якості води зумовило широке використання гідрофітних інженерних споруд для очищення стічних вод [1,32; 8;575].

В біоценозі, де рослини є едифікаторами, очищення від забруднюючих речовин здійснюється макрофітами, бактеріальними угрупованнями, водоростями та безхребетними тваринами [2,53; 4; 9].

Мета роботи: визначити механізми відновлення якості води у гідрофітних інженерних спорудах.

Розв'язання поставленого завдання

Аналіз існуючих даних дає можливість виділити основні механізми дезактивації забруднювачів у гідробіотехнологічних системах. Механізми очищення води від забруднювальних речовин полягають як у безпосередньому поглинанні ВВР біогенних елементів та мінеральних сполук, акумуляції їх в тканинах рослин і подальшій трансформації, так і у опосередкованому впливі ВВР на функціонування мікроорганізмів-деструкторів, для яких коренева система макрофітів є субстратом для заселення; виділення рослинами кисню також сприяє окисненню ксенобіотиків [2,73; 9].

Механізм видалення органічних речовин в гідрофітних спорудах. На поверхні корневих органів рослини утворюється біоплівка, в якій розвиваються різні мікроорганізми, а завдяки надходження кисню утворюються численні аеробно-анаеробні зони. Розчинні органічні речовини видаляються в процесі адсорбції, поглинання і діяльності мікрооргазмів [6; 7,14].

При порівняно низьких концентраціях забруднювачів стічних вод, ефективність видалення за показником БСК₅ – 85-95 %, за показником ХСК – більш, ніж 80 %. БСК₅ на виході становить 10 мг/л. При повному дотриманні оптимальних технологічних параметрів в біоплато відбувається повна мінералізація більшості органічних забруднень [2,85; 5,324].

Механізм видалення мінеральних речовин в гідрофітних спорудах. ВВР є одними з найефективніших споживачів мінеральних сполук, зокрема різних форм азоту і фосфору. Ступінь очищення стічних вод від сполук азоту становить 96-99 %, а ступінь очищення від фосфатів підвищується (у порівнянні зі стічними водами, які не пройшли крізь гідрофітну систему) на 10-15 % [6; 10,670].

Механізми видалення різних форм азоту. У біоплато азот включається в біотичний кругообіг в системі "повітря-вода-рослини-ґрунт". Азот частково видаляється із споруди шляхом поглинання водними рослинами, як необхідний для них біогенний елемент. Відповідно основні процеси, пов'язані з видаленням сполук азоту, відбуваються в результаті мінералізації азотовмісних органічних сполук нітрифікуючими і денітрифікуючими мікроорганізмами [1,33; 2,87; 4].

Субстрат навколо кореневищ рослин характеризується мікрональністю – аеробні зони перемежуються з мікроаеробними, або анаеробними, які фактично не роз'єднані, що в свою чергу створює умови для одночасного протікання процесів нітрифікації та денітрифікації [3,97; 5,173].

Механізми видалення різних форм фосфору. Видалення фосфору здійснюється в результаті спільних біологічних і фізико-хімічних процесів. Фосфор поглинається і трансформується рослинами, а потім частково за рахунок видалення рослин виводиться з системи біоплато. Таким шляхом видаляється незначна частина фосфору, а інша частина накопичується в ґрунті, причому процес має оборотний характер. З часом відбувається десорбція фосфору [2,98; 4].

Для біоплато вертикального типу 22,8% фосфору видаляється за рахунок фільтрації, 50-65% за рахунок адсорбції, осадження та асиміляції мікроорганізмами, і тільки 1-3% за рахунок поглинання рослинами [3,17; 9],

Максимальна ємність поглинання фосфору в біоплато зазвичай не перевищує $1\text{г}/\text{м}^2$ [2;101].

Механізм видалення важких металів у гідрофітних спорудах. Для ВВР також характерна висока здатність вилучати із води та акумулювати в своїй біомасі важкі метали (ВМ) [2,101; 4,8,

10,698; 11,227]. Поглинання ВМ укоріненими рослинами залежить від їх вмісту у донних відкладах, а зосереджених у товщі води – від концентрації у воді [5,326; 6; 7,14].

У цілому акумуляція ВМ визначається не лише їх концентрацією у воді та донних відкладах, а і доступністю для рослин, що залежить переважно від величини рН середовища, кисневого режиму, мінералізації води, характеру сполук металів [2,109; 11,142].

ВБР в біоплато мають здатність поглинання, трансформації та накопичення ВМ таких, як Al, Fe, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb, V, Zn та ін. Чим більше біомаса рослини, тим краще результат очищення [11,158].

При протіканні стічних вод через шари завантаження біоплато, багато іонів ВМ (Hg, Cd, Cu, As) фіксуються на шарі завантаження; при цьому відбувається ряд складних процесів адсорбції, комплексотворення, осадження та інших видів фізико-хімічного впливу [2,104]

У процесах видалення іонів ВМ із стічних вод також важливу роль відіграють мікроорганізми. Механізм виведення макролітами ВМ із водних екосистем різноманітний [5,24; 9].

Поглинання. У процесі росту мікроорганізмів деякі ВМ часто поглинаються ними, і беруть участь у різних клітинних процесах.

Комплексоутворення і хелатоутворення. Багато мікроорганізмів виділяють полісахариди, глікопротеїди, ліпополісахариди та інші сполуки, що містять фенольні, гідроксильні та активні функціональні групи, які відіграють важливу роль при комплексо- та хелатоутворенні з іонами ВМ.

Осадження. При анаеробних умовах сульфатредукуючі бактерії відновлюють сульфат-іони до H_2S , а останній осідає у вигляді нерозчинних сульфідів.

Перетворення в менш токсичні форми. Багато іонів ВМ володіють здатністю змінювати валентність і при впливі мікроорганізмів вони можуть переходити в менш токсичні сполуки. Наприклад, під впливом бактерій роду *Pseudomonas* Cr (VI) відновлюється до менш токсичного Cr (III).

Адсорбція мікроорганізмами. Мікроорганізми, маючи велику питому поверхню, добре адсорбують іони ВМ, тому

більшість водоростей і мікроорганізмів є хорошими адсорбентами.

Механізм видалення нафтопродуктів у гідрофітних спорудах. За наявності ВВР інтенсивніше відбувається очищення води від нафтових забруднень [6]. Макроліти, поглинаючи з води розчинені органічні речовини, стимулюють свій розвиток, збільшують зону контакту між нафтоокиснювальними бактеріями і нафтою і таким чином прискорюють процес її деградації [2,89; 7,15].

Цьому також сприяє збільшення поверхні контакту між епіфітними нафтоокиснювальними бактеріями і нафтою завдяки рясним обростанням водяних рослин [8,578]. Присутність повітряно-водяної та зануреної рослинності зменшує час очищення стоків від нафтопродуктів у 2,5-5,0 разів, при цьому ефект очищення у біологічних ставках за щільності посадки очерету звичайного 800-900 рослин на 1 м² сягає 99-100%.

Механізм видалення радіоактивних речовин у гідрофітних спорудах. Експериментальні дослідження з накопичення стронцію ВВР і планктонними водоростями показали, що водорості акумулюють ізотоп швидше і в більшій кількості, ніж ВВР. Встановлено, що ВВР здатні акумулювати радіонукліди такі, як цезій-137, стронцій-90, кобальт-60, а також здатні видаляти відносно великі концентрації урану, радію та торію [2,107].

Для макрофітів (ряски) коефіцієнт накопичення протягом 3 діб експозиції становив 2457-3967 за концентрації стронцію 10⁻⁷-10⁻¹⁰ К. Значення коефіцієнту майже не залежать від концентрації ізотопу в розчині та фотосинтетичної активності ряски. Це дає змогу припустити, що акумуляція мікрокількостей стронцію водяними рослинами відбувається в основному згідно із законами сорбції [10,699].

В ході аналізу основних процесів деструкції забруднюючих речовин в гідрофітних системах нами виділені і узагальнені основні механізми дезактивації характерні для макрофітів та мікроорганізмів-деструкторів (табл. 1).

Таблиця 1. Шляхи відновлення якості води в гідробіотехнологічних системах

Забруднювачі	Процеси дезактивації
--------------	----------------------

	Макроліти	мікроорганізми-деструктори
Органічні речовини	-	Адсорбція Поглинання
Мінеральні речовини	Нітрифікація Денітрифікація Поглинання Трансформування Адсорбція	Мінералізація
<i>Різні форми азоту</i>		Осадження Асиміляція
<i>Різні форми фосфору</i>		
ВМ	Акумуляція Поглинання Трансформація Накопичення Комплексоутворення	Поглинання Адсорбція Осадження Перетворення в менш токсичні форми
Нафтопродукти	Руйнування	Деструкція
Радіоактивні речовини	Дезактивація Акумуляція Сорбція	-

Висновки

Проаналізовано механізми відновлення якості води в гідробіотехнологічних системах. Розкрити механізми деструкції органічних речовин, мінеральних речовин, ВМ, нафтопродуктів, радіоактивних речовин у гідрофітних інженерних спорудах. Встановлено, що для макрофітів в гідрофітних спорудах найхарактернішими процесами дезактивації є: акумуляція, поглинання, трансформація, а для мікроорганізмів-деструкторів – адсорбція, осадження та поглинання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стольберг В.Ф., Ладыженский В.Н., Спиринов А.И. Биоплато – эффективная малозатратная экотехнология очистки сточных вод // Экологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2003. – №3. – С. 32-34.

2. Романенко В. Д., Крот Ю. Г., Киризі́й Т.Я., Коваль І.М., Кіпніс Л.С., Потрохов О.С., Зінковський О.Г., Леконцева Т.І. Природні і штучні біоплато Фундаментальні та практичні аспекти – К.: Наук. думка, 2012. – 110 с.

3. Дикаревский В.С. Отведение и очистка поверхностных сточных вод // В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 2000. – 224 с.

4. Будьоний О.П., Аврамішина К.В. Біоплато як перспективний спосіб очищення стічних вод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.essuir.sumdu.edu.ua>.

5. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 704 с.

6. Використання біоплато для очистки стічних вод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.librag.org.ua>.

7. Диренко А.А., Коцар Е.М. Использование высших водных растений в практике очистки сточных вод и поверхностного стока // Сантехніка, опалення, кондиціонування. – 2006. – № 4 (28). – С. 12–15.

8. Міхеєв О.М. Адаптація гідрофітної системи для очистки стічних вод підприємств цивільної авіації / О.М. Міхеєв, С.М. Маджд, О.І. Семенова, Т.І. Дмитруха // Хімія і технологія води. – 2015. – №. – С. С.574–581.

9. Роль вищих водних рослин в поліпшенні якості води [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrbukva.net>.

10. Цапліна К.М. Функціональні показники занурених рослин водосховищ у різних гідрологічних та гідрохімічних умовах // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К.: Ніка-Центр, 2011. – С. 696–701.

11. Трахтенберг И.М., Колекников В.С., Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде // Современные гигиенические и токсикологические аспекты. – Минск: Наука и техника, 2004. – 285 с.