

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ</b>	5
<b>ПЕРЕДМОВА</b>	6
<b>1. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ І МЕТОДІВ РЕМЕДІАЦІЇ І РЕАБІЛІТАЦІЇ ЕКОСИСТЕМ</b>	9
<b>2. ІСНУЮЧІ ТИПИ ГІДРОФІТНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД</b>	19
2.1. Фітотехнології	19
2.2. Гідрофітні споруди	28
2.2.1. Ботанічні майданчики	33
2.2.2. Фільтраційні пристрої	34
2.2.3. Біологічні ставки з ВВР	36
2.2.4. Штучно заболочені площі	38
2.2.5. Біоплато	39
2.2.6. Біоінженерні споруди	54
2.3. Переваги використання гідрофітних систем порівняно з традиційними біологічними методами	59
<b>3. СВІТОВА ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОФІТНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД</b>	61
<b>4. РОЛЬ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ В УТИЛІЗАЦІЇ І ТРАНСФОРМАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН</b>	70
4.1. Макрофіти та їх роль у формуванні якості води	71
4.2. Еколого-фізіологічні передумови використання угруповань ВВР для відновлення якості води	75
<b>5. МЕХАНІЗМ ОЧИЩЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ВОД З ДОПОМОГОЮ БІОПЛАТО</b>	79
5.1. Деструкція органічних речовин в гідрофітних спорудах	80
5.1.1. Механізм видалення нафтопродуктів у гідрофітних спорудах	81
5.2. Видалення мінеральних речовин в гідрофітних спорудах	81
5.2.1. Механізми видалення різних форм азоту	81
5.2.2. Механізми видалення різних форм фосфору	82

5.2.3. Видалення важких металів у гідрофітних спорудах	83
5.3. Механізм видалення радіоактивних речовин у гідрофітних спорудах	86
<b>6. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ БІОІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДОЙМ</b>	91
<b>7. ВИКОРИСТАННЯ НАЗЕМНИХ РОСЛИН В ЦІЛЯХ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ</b>	102
7.1. Скринінг наземних видів рослин, придатних для використання в фіторемедіаційних технологіях	102
7.2. Технологія виготовлення гідрофітних споруд з ВВР	108
7.3. Гідрофітні споруди з наземними рослинами	106
7.4. Технологія виготовлення зануреного біоплато з наземних рослин та використання його для очищення води від важких металів	132
<b>ПІСЛЯМОВА</b>	141
<b>ЛІТЕРАТУРА</b>	144

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БІС	біоінженерні очисні споруди
БСК	біохімічне споживання кисню
ВВР	вищі водні рослини
ВМ	важкі метали
ГДК <sub>госп./поб</sub>	гранично допустима концентрація господарсько-побутового призначення
ГДК <sub>р/госп</sub>	гранично допустима концентрація рибогосподарського призначення
ЗБГТ	закриті біоплато гідропонного типу
КН	коефіцієнт накопичення
СПАР	синтетичні поверхнево-активні речовини
ХСК	хімічне споживання кисню

## ПЕРЕДМОВА

У водній рамковій директиві Європейського союзу [1] за основний критерій прийнято *стан біотично не порушеного водного об'єкта* певного типу. Саме тому застосування методів оцінки біологічного стану водойм має велике як теоретичне, так і практичне значення. Така оцінка стану водного середовища ґрунтується на вивченні сукупності організмів, які мешкають у гідроекосистемах у конкретній точці спостережень [2].

Відповідно до концептуальних основ водогосподарської політики в Україні, головним положенням якої є забезпечення населення чистою водою, проблема відновлення якості поверхневих вод вважається пріоритетною [3,4]. Нині склалась така ситуація, коли практично усі поверхневі води в країні за рівнем забруднення не відповідають стандартам щодо її якості. Однією з причин такого стану є високий рівень антропогенного навантаження на водні екосистеми. Щорічно у водні екосистеми України надходить близько 2 км<sup>3</sup> неочищених або недостатньо очищених стічних вод [5,6,7].

Останнім часом, зростаюче надходження стічних вод у природні водойми набуває характеру глобальної екологічної загрози.

До найпоширеніших забруднювачів, які надходять до водних екосистем відносяться біогенні елементи, органічні сполуки (нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини), важкі метали (ВМ), пестициди. І тому вкрай важливим є те, що такі ВВР як комиш, очерет, рогоз, володіють здатністю видаляти з води забруднюючі речовини: біогенні елементи (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, марганець, сірку), ВМ (кадмій, мідь, свинець, цинк), феноли, сульфати, нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини.

Особливу небезпеку представляють ВМ, нафтопродукти та органічні речовини, які завдають

значної екологічної шкоди і мають мутагенні і канцерогенні властивості.

Органічні полютанти в довкіллі представлені, головним чином, речовинами антропогенного походження і для більшості організмів є сторонніми (ксенобіотиками) – більшість з них є токсичними, деякі – канцерогенні.

Для мінімізації негативного впливу полютантів на гідросферу необхідна розробка нових і удосконалення існуючих методів очищення стоків шляхом зниження концентрацій забруднювачів до нормативних показників. Найбільш ефективними, низькозатратними і екологічними можуть стати способи очищення стічних вод, засновані на використанні водної рослинності, яка здатна ефективно акумулювати різні забруднюючі речовини, включаючи радіонукліди [8].

Тобто, фітореMediaція є високоефективною технологією очищення від широкого кола неорганічних (ВМ, нітрати, фосфати, радіонукліди) та деяких органічних (гербициди, вибухові речовини) забруднювачів. У її основі покладені природні процеси, за допомогою яких рослини і ризосферні мікроорганізми розкладають і накопичують різноманітні забруднюючі речовини.

ФітореMediaція може бути успішно застосована для очищення від ряду неорганічних полютантів, включаючи макроелементи рослин (нітрати, фосфати), мікроелементи (такі як: Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), несуттєві для рослини елементи (Cd, Co, F, Hg, Se, Pb, V, W) і радіоактивні ізотопи (U-238, Cs-137 і Sr-90).

Неорганічні полютанти зустрічаються як природні складові земної кори або атмосфери, а людська діяльність сприяє їх вивільненню в довкілля, призводячи до її забруднення. Неорганічні полютанти не можуть бути деградовані, проте фітореMediaція може привести до очищення середовища від цих полютантів шляхом їх стабілізації або ізолювання в тканинах рослини.

ФітореMediaція успішно застосовується також для очищення від таких органічних полютантів як [9]:

- органічні розчинники (наприклад, трихлоретилен, найбільш поширений поллютант підземних вод);
- гербіциди (атразин);
- вибухові речовини (тринітротолуол- ТНТ);
- вуглеводні (нафта, бензин, бензол, толуол, поліциклічні ароматичні вуглеводні);
- поліхлорбифенилы (ПХБ).

Залежно від властивостей, органічні поллютанти можуть або руйнуватися в кореневій зоні рослин, або поглинатися з подальшим руйнуванням, ізолюванням або випаровуванням.