УДК 504.064.49(045)

С. М. Маджд — канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0003-2857-894X
e-mail: madzhd@i.ua

А. О. Панченко — студент
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-6454-2894
e-mail: zxzczv9@gmail.com

А. М. Бондар — студент
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0003-1894-8572
e-mail: annabondar2212m@gmail.com

РОЛЬ ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИН У ДЕСТРУКЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У БІОІНЖЕНЕРНИХ ГІДРОФІТНИХ СПОРУДАХ

Вступ

Найбільш ефективними, низькозатратними способами очищення стічних вод є біологічні, з використанням фітотехнологій (методів очищення стічних вод, заснованих на природних процесах самоочищення водних об'єктів з використанням вищих водних рослин (ВВР) та водної біоти.

Природність процесу є істотною перевагою споруд біоплато порівняно з біологічною очисткою в аеротенках, де процеси біодеструкції інтенсифіковані і суттєво відрізняються від природних. Це спричиняє необхідність їх постійної штучної підтримки (в основному аерації), яка складається з витрат електроенергії, постійного контролю і кваліфікованого обслуговування [1, с. 574; 2, с. 101].

До таких методів належить метод біоплато із застосуванням ВВР. Основними перевагами цього методу є низька енергоємність, високий ступінь очищення, висока ефективність, екологічність та здатність акумулювати різні типи забруднювачів [1, с. 581; 3, с. 155].

Постановка проблеми

У 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, практичне використання штучно створених біоценозів — біоплато з гідробіонтами різних трофічних рівнів, основною ланкою яких є ВВР, надасть можливість відновити якість води [4, с. 23; 5 с. 110].

Вищі водяні рослини відіграють важливу роль у формуванні якості водного середовища, поглинаючи з води біогенні елементи і повертаючи їх у водойми.

Фотосинтез рослин сприяє підвищенню вмісту розчиненого кисню і величини pH, а за їх розкладення — надходженню органічної речовини у водні екосистеми [1, с. 576; 4, с. 24].

Аналіз досліджень і публікацій

Вищі водяні рослини є основою формування багатокомпонентних біоценозів. Очисна здатність цих складних угрупувань у багато разів перевищує здатність окремих груп організмів, які входять до їх складу. Але не існує такої рослини, яка б могла очищати водне середовище від усіх відомих забруднювачів та від їх сукупної дії [1, с. 577; 3, с. 155; 6, с. 1].

Різні рослини по-різному реагують на ті чи інші полютанти. Тому для ефективної роботи гідрофітних систем необхідно чітко усвідомлювати яка з рослин краще поглинає нафтопродукти, а яка більш ефективніше зможе очищати водні екосистеми від важких металів. При чому необхідно враховувати і адаптивні здатності рослин до інших забрудників, які можуть потрапляти разом із основними, до очисних установок, для їх подальшої очистки або доочистки [1, с. 578; 2, с. 106; 7, с. 228; 8, с. 32].

Мета роботи — встановлення ролі угрупувань ВВР у відновленні якості води на гідрофітних інженерних спорудах.

Скринінг ВВР для підвищення рівня очищення стічних вод гідрофітними інженерними спорудами

В основу технології функціонування гідрофітних систем покладені природні процеси самоочищення, властиві водним та навколоводним екосистемам.

Під час очищення стічних вод використовують такі види ВВР, як:

© Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М., 2017

- ✓ комиш (*Scírpus*) — рід рослин родини осокових (*Cyperaceae*);
- ✓ очерет звичайний (*Phragmites australis)*;
- ✓ рогіз вузьколистий(*Týpha angustifólia*);
- ✓ рогіз широколистий (*Typha latifolia*);
- ✓ рдест гребінчастий (*Stuckenia pectinata*);
- ✓ рдест курчавий (*Potamogéton críspus*);
- ✓ спіродела багатокоренева *(Spirodela polyrrhiza)*;
- ✓ елодея (*Elodea*);
- ✓ водний гіацинт (ейхорнія) (*Eichhornia crassipes*);
- ✓ касатик жовтий (*iris lutea*);
- ✓ сусак зонтичний (*Butómus umbellátus*);
- ✓ стрілолист звичайний (*Sagittaria sagittifolia*);
- ✓ гречиха земноводна (*Buckwheat amphibiorum*);
- ✓ різуха морська (*Najas marina*);
- ✓ уруть (*Myriophýllum*);
- ✓ хара (*Chara*);
- ✓ ірис (*Iris*);
- ✓ куга (*Schoenoplectus Palla*) та ін.

Установлено що, ВВР, такі як комиш (*Scírpus*), очерет (*Phragmites)*, рогіз (*Týpha)*, володіють здатністю видаляти з води такі забруднюючі речовини: біогенні елементи (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, марганець, сірку), важкі метали (кадмій, мідь, свинець, цинк), феноли, сульфати, нафтопродукти, синтетичні поверхневоактивні речовини (СПАР), і поліпшити такі показники органічного забруднення середовища, як біологічне споживання кисню (БСК) і хімічне споживання кисню (ХСК) [7, с. 231].

Встановлено, що куга озерна (*Schoenoplectus* lacustris) здатна рости в розчині фенолу концентрацією до 1000 мг/л, поглинаючи його і 20 його похідних із середовища.

Концентрація фенолу 10 мг/дм^3 в об'ємі 5 л води за температури 18–20 °С і біомаси очерету (*Phragmites)* 900 г вилучалася за 2 доби. Важливим фактом є те, що фенол повністю засвоювався очеретом (*Phragmites)* [2, с. 101].

Коренева система рогозу *(Typha)* має високу акумулюючу здатність відносно важких металів. Концентрація металів у кореневій системі рогозу *(Typha)*, який росте на берегах шламонакопичувачів електростанцій, сягала (мг/кг): заліза — 199,1; марганцю — 159,5; міді — 3,4; цинку — 16,6 [2, с 104].

Очерет (*Phragmites)* має високі адаптивні властивості і здатний проростати в дуже забруднених промисловими стічними водами водоймах [3, с. 155].

Він активно використовується в спорудах очищення стічних вод комунального господарства, ступінь очищення яких сягає 97–99 %.

Виявлено, що очерет (*Phragmites)* здатний видаляти з води такі сполуки, як феноли, нафтоли, аніліни та інші органічні речовини. Питоме поглинання мінеральних речовин сягає (г на 1 г сухої маси): кальцію — 3,95, калію — 10,3, натрію — 6,3, кремнію — 12,6, цинку — 50,5 марганцю — 1200,4, бору — 14,6 [5, с. 155]. Встановлена дуже цінна здатність тканин очерету (*Phragmites)* детоксикувати різні отруйні сполуки. Досить високі концентрації аміаку, фенолу, свинцю, ртуті, міді, кобальту, хрому не позначаються помітно на його зростанні і розвитку. У рослинах очерету (*Phragmites)*, що росте на ділянках, які піддаються впливу забруднених вод, накопичується до кінця вегетації приблизно в 4 рази більше заліза, кальцію — в 100 разів, магнію — в 1,2, азоту — в 1,5, фосфору — в 1,3 разу більше, ніж у рослинах, що не піддаються впливу стічних вод [5, с. 155].

Також було оцінено здатність трьох видів ВВР (комиш (*Scírpus*), очерет (*Phragmites*) і рогіз (*Typha*)) видаляти із забруднених вод азот і знижувати БСК. За середньої концентрації амонію у стоках 24,7 мг/л, після очищення з використанням ВВР його концентрація становила (мг/л): для комишу (*Scírpus*) — 1,4, для очерету (*Phragmites*) — 5,3, для рогозу (*Typha*) — 17,7. Ефективність зниження БСК також була вище у комишу (*Scírpus*) і очерету (*Phragmites*). На сьогодні ведуться дослідження можливості очищення та видалення металів із води металургійної промисловості [6, с. 1].

У процесі роботи був досліджений вплив ДДТ (дихлордифенілтрихлоретану) і ГХЦГ (гексахлорциклогексану) на життєдіяльність очерету звичайного (*Phragmites australis*).

Результат дослідження показав надзвичайну здатність останнього до поглинання й накопичення цих речовин, що свідчить про їх суттєве значення у процесах очищення води від хлорорганічних сполук.

Активно поглинали і накопичували ДДТ повітряно-водяні (рогіз вузьколистий (*Týpha angustifólia*)) та занурені рослини (кушир (*Ceratophyllum demersum*) і рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus*)) [5, с. 155].

Рогіз вузьколистий (*Týpha angustifólia*) накопичував ГХЦГ до 3,2 мг/кг сухої маси, речовини рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus*) — до 1,75 мг/кг.

В експериментальних умовах водопериця кільчаста (*Myriophyllum verticillatum*) протягом 3–7 діб утилізувала з води до 50 % дифенаміду, водяний гіацинт (*Eichhornia crassipes*) — до 88 %.

Окрім того, ці рослини розкладали гербіцид на менш стійкі метаболіти [5, с. 155].

© Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М., 2017

Під час дослідження акумуляції рослинами міді й марганцю виявлено високий рівень їх накопичення різухою (*Najas*), кущиром зануреним (*Ceratophyllum demersum*) і зеленими нитчастими водоростями кладофорою (*Cladophora*) та едогоніумом (*Oedogonium*). При цьому найвищий вміст металів зафіксовано у кладофорі (*Cladophora*), найнижчий — у кущирі (*Ceratophyllum*), що зумовлено наявністю у цих рослин розвинутого механізму метаболічного контролю [5, с. 155].

Під час дослідження ролі елодеї (*Elodea*) і кущиру (*Ceratophyllum*) щодо детоксикації й деструкції багато- та одноатомних фенолів, було виявлено прискорення росту рослин у розчині монофенолу, при цьому приріст біомаси елодеї (*Elodea*) за 30 діб становив 100 % вихідної величини.

Деструкція фенолів за наявності харових водоростей відбувається інтенсивніше, що, напевно, пов'язано з вмістом у них активної фенолоксидази. ВВР, вилучаючи феноли з водного середовища, частково їх окиснюють і виділяють в атмосферне повітря [5, с. 155].

Встановлено що очисні системи вторинної та третинної очистки побутових стічних вод, основані на елодеї (*Elodea*), придатні для використання в помірному кліматі, де можуть цілий рік видаляти біогенні елементи зі стічної води [5, с. 155].

За результатами промислово-експериментальних досліджень процесу очищення побутових стічних вод з використання водного гіацинту (*Eichhornia crassipes*) у США, ступінь очищення по $БСК_5$ сягає до 97–98%, [5, с. 155; 8, с. 34].

У Китаї водний гіацинт (*Eichhornia crassipes*) використовують для очищення стічних вод кінофабрики від срібла [1, с 588; 2, с. 106]. Встановлено, що ступень очищення від срібла, завислих речовин, сполук фосфору та азоту відповідно становив 100,3; 91,2; 53,9 і 92,9 % при цьому БСК та ХСК зменшилось на 98,6 і 91,3 %. Запропонований метод дозволяє відмовитися від використання сорбційних методів очищення [7, с. 231; 8, с. 33; 9, с. 281].

У Росії Інститутом цитології і генетики розроблена технологія очищення стоків з використанням водного гіацинту (*Eichhornia crassipes*). Експериментальна робота була проведена для стоків свинокомплексу.

Очищення здійснювалось у біоставках.

За 5 діб, концентрація азоту амонійного знижувалась з 30–50 мг/л до 4–5 мг/л, $БСК_5$ — з 150 мг/л до 20–30 мг/л, $ХСК_5$ — з 300 до 25–30 (мг/л), концентрація розчиненого кисню зростала від 0,5 до 25 мг/л. [9, с. 281; 10, с. 1].

В Європі у системах очищення стічних вод в основному використовують повітряно-водяні та плаваючі рослини.

З повітряно-водяних рослин — очерет звичайний (*Phragmites australis*), рогіз (*Typha*), лепешняк (*Glyceria*), півник болотний (*Iris pseudacorus*), різні види осоки (*Carex*). З плаваючих рослин — ейхорнія (*Eichhornia crassipes*), різні види ряски (*Lemna*), сальвінії плавучої (*Salvinia natans*) та ін [7, с. 228].

Висновки

Отже здатність ВВР інтенсифікувати процеси відновлення якості води — незаперечна. Водяні рослини, які є автотрофними організмами, беруть безпосередню участь у формуванні органічної речовини. За кількістю фітомаси, що продукується, вони посідають одне з чільних місць у водоймах. Висока здатність водних макрофітів акумулювати мінеральні та органічні речовини, утилізувати азот, фосфор, кальцій, магній та багато інших елементів, здійснювати симбіотичні зв'язки з численними гідробіонтами дає можливість розглядати їх як природні біофільтри. Особливо очисна здатність таких полютантів як нафтопродукти та важкі метали спостерігається у таких видах як: очерет (*Phragmites*), рогіз вузьколистий (*Týpha angustifólia*) і рогіз широколистий (*Typha latifolia*), рдест гребінчастий (*Stuckenia pectinata*) і рдест курчавий (*Potamogéton críspus*).

Перспективи подальших досліджень. Перспективи подальших досліджень вищих водних рослин є досить актуальними у наш час, оскільки вони здатні самостійно очищувати природні водойми від різних забруднювачів, їх можна застосовувати у гідрофітних системах очищення стічних вод різних підприємств.

Дослідження різних видів макрофітів дає змогу встановити які з них краще підходять для очищення тієї чи іншої забруднюючої речовини. При підборі рослин для гідрофітних установок це є дуже важливим аспектом, як з економічної так і з екологічної точки зору.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Міхєєв О. М.** Адаптація гідрофітної системи для очистки стічних вод підприємств цивільної авіації / О. М. Міхєєв, С .М. Маджд, О. І. Семенова, Т. І. Дмитруха // Хімія і технологія води. — 2015. — №3. — С. 574–581.

2. **Маджд С. М.** Оцінка техногенного впливу авіапідприємств на стан водойм / С. М. Маджд // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ: нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. — К., 2014. — Вип. 14. — С.101–106.

© Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М., 2017

3. **Михеев А. Н.** Разработка технологи деконтаминации водных объектов от радионуклидов и химического загрязнения / А. Н. Михеев, Л. Г. Овсянникова, С. М. Маджд, О. В. Лапань // Біотехнологія XXI : Всеукр. наук.-практ. конф., 22 квітня 2016 р. : тези доп. — К., НТУУ «КПІ», 2016. — С. 155.

4. **Панченко А. О.** Встановлення ролі гідрофітних систем у відновленні якості стічних вод підприємства авіаційної галузі / X Всеукраїнська Науково-практична конференція молодих учених та студентів // А. О. Панченко / Екологічна безпека держави: зб. наук. праць / Міністерство освіти і науки НАУ: НАУ, 2016. — С. 23–24.

5. **Романенко В. Д., Крот Ю. Г., Киризій 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.

6. **Використання** вищих водних рослин в практиці очищення стічних вод [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http: // www.potential14.com.ua.

7. **Маджд С. М.** Досвід експлуатації гідрофітних споруд в Україні та світі / С. М. Маджд // Наукоємні технології. — 2016. — №2. — С. 228–231, doi: 10.18372/2310-5461.30.10569 (ua).

8. **Стольберг В. Ф., Ладыженский В. Н., Спирин А. И.** Биоплато — эффективная малозатратная экотехнология очистки сточных вод // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2003. — №3. — С. 32–34.

9. **Вепрев С. Г., Нечипоренко Н. Н., Бортникова С. Б.** Использование растений водяного гиацинта (Eschhornia crassipes) для очистки техногенных стоков // Научные аспекты экологических проблем России: Всероссийская конф., 13–16 июня, 2001, Москва. — СПб: Гидрометеоиздат, 2010. — С. 281.

10. **Водотоки** від рівнинних до монтанних поясів з рослинністю Ranunculion fluitantis та Callitricho-Batrachion [Електронний ресурс]. — Режим доступу — http://gcs.org.ua/habitats/3260-buh/.

11. **Асланова Л. А., Сумин Д. Л., Еременко И. В., Россихин В. В.** Возможности биотехнологических методов очистки сточных вод от фосфоросодержащих соединений. Rusnauka — 2015. doi: 10.17686/rusnauka_2015-200748 (ru).

Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М.

РОЛЬ ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИНУ ДЕСТРУКЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВВ БІОІНЖЕНЕРНИХ-ГІДРОФІТНИХ СПОРУДАХ

Наведено результати аналізу вищих водних рослин, що використовуються у гідрофітних системах в очищенні стічних вод. Проаналізовано здатність макрофітів очищати стічні води від різних полютантів. Встановлено як різні рослинні угрупування впливають на ті чи інші забрудники. Наведені приклади використання різних макрофітів у біоінженерних гідрофітних спорудах. Наведені приклади використання гідрофітних споруд у різних країнах світу. Проаналізована їх ефективність в очищенні стічних вод різних підприємств. Встановлена їх очисна здатність від небезпечних та токсичних речовин. Доведені переваги використання вищих водних рослин в очищенні стоків від нафтопродуктів та синтетичних поверхнево-активних речовин. Розглянуто вплив різних полютантів на окремі угрупування макрофітів та їх очисну здатність від цих забрудників.

Ключові слова: гідрофітні споруди, якість води, очищення стічних вод, гідроекосистеми, вищі водні рослини, макрофіти.

Madzhd S. M., Panchenko A. O., Bondar A. M.

THE ROLE OF HIGHER AQUATIC PLANTS IN THE DEGRADATION OF POLLUTANTS IN BIOENGINEERED HYDROPHILIC FACILITIES

The article includes information concerning analysis of higher aquatic plants which are used in hydrophilic systems of waste water treatment. It was analyzed the ability of macrophytes to treat waste water from different pollutants. It was defined how different plant groups influenced on appropriate pollutants. In the article are showed several examples of different macrophytes using in bioengineered hydrophilic facilities. It was analyzed its effectiveness during waste water treatment created by different enterprises. It was conducted its treatment capacity of dangerous and toxic substances. It was proven benefits of higher aquatic plants using in order of water polluted by surfactants and oil products treatment. It was described the influence of different pollutant on specific macrophytes and their their treatment ability by this pollutants.

Key words: hydrophiticsystems, waterquality, wastewatertreatment, hydro, higheraquaticplants, macrophytes.

© Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М., 2017

Маджд С. М., Панченко А. А., Бондарь А. М.

РОЛЬ ВЫСШИХВОДНЫХРАСТЕНИЙ В ДЕСТРУКЦИИЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В БИОИНЖЕНЕРНЫХГИДРОФИТНИХСООРУЖЕНИЯХ

Приведенны результаты анализа высших водны храстений, используемых в гидрофитних системах в очистке сточных вод. Проанализированы способность макрофитов очищать сточные воды от различных загрязнителей. Установлено как различные растительные группировки впливаюь на те или иные загрязнители. Представлены примеры использования различных макрофитов в биоинженерных гидрофитних сооружениях. Приведены примеры использования гидрофитних сооружений в разных странах мира. Проанализирована их эффективность в очистке сточных вод различных предприятий. Установлена их очистительная способность от опасных и токсичних веществ. Доказанны преимущества использования высших водних растений в очистке стоков от нефтепродуктов и синтетических поверхностно-активныхвеществ. Рассмотрено влияние различных загрязнителей на отдельные группировки макрофитов и их очистительную способность от эти хзагрязнителей.

Ключевые слова: гидрофитны сооружения, качество воды, очистки сточных вод, гидроэкосистемы, высшие водне растения, макрофиты.

Стаття надійшла до редакції 02.02.2017 р.
Прийнято до друку 05.02.2017 р.
Рецензент – д-р техн. наук, проф. О. М. Карпенко

© Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М., 2017