

ЕКОЛОГІЯ, ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

DOI: 10.18372/2310-5461.40.13269

УДК 656.71:504.4.054.51-7(045)

В. М. Ісаєнко, д-р біол. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-8010-8844
e-mail: isaienkovm@ukr.net;

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

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

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

ВОДООХОРОННІ ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЧИХ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вступ

Проблема якості водного середовища давно є однією з найважливіших проблем людства, що цілком зрозуміло, якщо врахувати характер і масштаби забруднення гідроекосистем. На сьогодні, зростаюче надходження стічних вод до поверхневих водойм набуває характеру глобальної екологічної загрози.

Стоки промислових підприємств містять різні забруднюючі речовини, серед яких особливу небезпеку являють собою важкі метали, нафтопродукти, феноли, азотовмісні та синтетично поверхнево-активні речовини які завдають непоправної екологічної шкоди гідроекосистемам [1–3].

Постановка проблеми

Основним джерелом забруднення водного середовища є недостатньо очищені стічні води промислових та господарсько-побутових підприємств, забруднюючі речовини, які надходять з атмосфери та з поверхневим стоком.

Склад речовин-забруднювачів поверхневих водних систем досить різноманітний, але переважно залежить від характеру підприємства, ха-

рактеристики виробництва, вихідної сировини, досконалості виробничого апарату та додаткових речовин, що використовуються у технологічному процесі виробництва [4, с. 101].

Аналіз досліджень і публікацій

На жаль, на сьогодні більша частина очисних споруд, для очищення стоків, не може забезпечити належного рівня відновлення якості зворотних вод промислових підприємств до норм гранично-допустимих концентрацій (ГДК). А це свідчить про те, що очисні споруди більшості промислових підприємств працюють неналежно і потребують їх заміни або модернізації.

Відповідно, *мета роботи* — впровадження водоохоронних заходів через удосконалення роботи очисних споруд для підвищення ефективності їх роботи.

Розроблення водоохоронних заходів для підвищення екологічної безпеки виробничих процесів промислових підприємств

Найбільш універсальним водоохоронними заходами, які спрямовані на доочищення зворотних вод у природних умовах є біологічний ме-

год. У основу цього природоохоронного методу покладено здатність мікроорганізмів використовувати різноманітні органічні речовини, що містяться у стічних водах, як джерело живлення у процесі їх життєдіяльності. Основним завданням біологічного очищення є перетворення органічних забруднювачів на нешкідливі продукти окиснення — H_2O , CO_2 , NO_3 , SO_4 та ін. [5–8].

До природоохоронних заходів, які спрямовані на відновлення якості водних ресурсів через застосування в технологічному процесі біологічних методів очищення, що використовують в Україні та за кордоном, відносять: поля зрошення, фільтрації та інколи біологічні ставки [6, с. 228].

Проте, в багатьох країнах світу, протягом останніх років все частіше відмовляються від цих традиційних методів очищення стічних вод. Причиною цього є їх не надійність в роботі, складність в експлуатації, висока енергоємність та їх недостатня ефективність [7, с. 155]. На зміну їм надходять нові більш ефективні та менш затратні екологічно безпечні методи, які можуть бути успішно застосовані для доочищення в природних умовах — методи фітотехнології [9, с. 90].

Фітотехнології — це новий напрям у вирішенні гострих питань пов'язаних з очищенням стічних вод та відновленням земельних ділянок у природних умовах [10, с. 241; 11, с. 68].

Цей метод ґрунтується на використанні природних процесів самоочищення водних систем, які протікають у природних умовах за участю вищої водневої рослинності (ВВР), водневої мікрофлори та мікроорганізмів.

До найпоширеніших інженерних споруд, які використовуються для очистки і доочистки зворотних вод та забрудненого поверхневого стоку в природних умовах, які засновані на фітотехнологіях, відносять водоохоронні заходи такі, як гідрофітні споруди типу «біоплато» [5; 7; 9; 11].

Біоплато — це водоохоронна гідротехнічна споруда природного або штучного походження, у яких угруповання ВВР здійснюють деструкцію, трансформацію і акумуляцію азотовмісних речовин, нафтопродуктів, синтетичних поверхнево-активних речовин, важких металів та інших речовин токсичної дії, забезпечуючи біологічне очищення водних екосистем. Конструкція даної споруди не складна і не потребує великих затрат (рис. 1).

Усі трубопровідні системи виготовляються з поліетиленових та полівінілхлоридних труб.

Дренажний шар гідрофітної споруди складається з інертного матеріалу, наприклад, митого щебеню, розміром 40–70 мм. До нього, зазвичай, вносяться різні біопрепарати з іммобілізованими на інертному носії, наприклад, торф, мікроорга-

нізми-деструктори жирів, масел, нафтопродуктів та інших органічних речовин, таких як, пестициди, гербіциди чи СПАР.

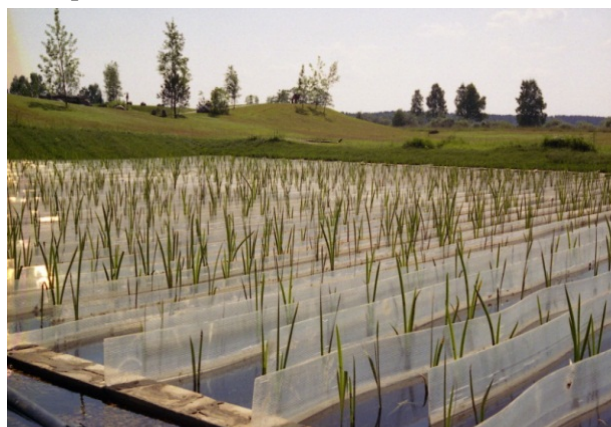


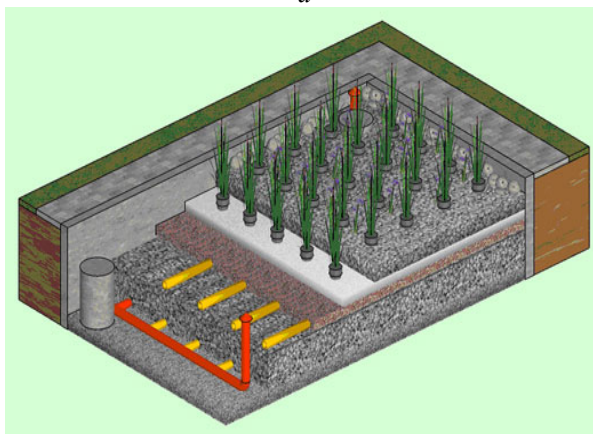
Рис. 1. Споруда типу «біоплато»

Біопрепарат «Еконадін» чи «Трофойл» сприяє деструкції та сорбції органічних речовин та покращує санітарний показник якості води. Препарат безпосередньо засипається в дренажний шар де висаджені ВВР, який сприяє їх росту [6, с. 231; 10, с. 240].

Над розподільною системою дрен, що покривають щебнем, укладається утеплювач (рис. 2, а, б). Зазвичай це голкопробивний геотекстиль щільністю 300–500 г/м². Він не заважає проростанню ВВР. Геотекстиль покривається шаром щебеню.



а



б

Рис. 2. Схема спорудження біоплато

Важливими характеристиками штучно сформованого біоценозу мікроорганізмів та макрофітів цих споруд є його загальна площа, яку займають рослинні угруповання, їх чисельність на 1 м^2 , видовий склад, час контакту потоку води з біоценозом та саме режим експлуатації біоплато. Висока очисна спроможність ВВР досягається в тих місцях де вода тече через занурені, напівзанурені та плаваючі рослини [4, с. 101; 7, с. 155].

Висадка ВВР здійснюється на рівні і вздовж верхніх дрен у дренажний шар щебеню. Склад ВВР обирається залежно від забрудників, що знаходяться у стоках. Біоплато заповнюються водою до рівня 0,3–1,5 м за швидкістю течії 0,005–0,01 м/с. Щільність посадки рослин становить у середньому $1\text{--}15 \text{ екз/м}^2$ [9, с. 89].

Існують різні класифікації систем очищення стічних вод на спорудах типу біоплато.

З погляду інженерного проектування і з урахуванням гідравлічного розподілу потоків рідини розрізняють такі типи споруд біоплато:

- поверхневі;
- горизонтальні інфільтраційні;
- вертикальні інфільтраційні;
- змішані [11, с. 68].

Кожен із типів має свої особливості, що дозволяє очищати стоки із різним складом політантів більш ефективно. До переваг даної гідрофітної споруди належать:

- незначні капітальні вкладення;
- екологічно чиста технологія;
- тривалий термін експлуатації;
- відсутність експлуатаційних витрат;

– підвищення якості води в штучних озерах.

Проаналізувавши вищезазначені дані щодо біологічних методів доочищення зворотних вод у природних умовах та охарактеризувавши механізм доочищення зворотних вод виробничих стічних вод на гідрофітних спорудах типу біоплато, ми дійшли до висновку, що на сьогодні є доцільним модернізувати основний тип існуючих очисних установок (заснованих на фізико-хімічних методах очищення), спорудами типу біоплато для доочищення зворотних вод більшості очисних споруд промислових підприємств (рис. 3).

Для більш ефективного доочищення виробничих стічних вод промислових підприємств була запропонована модернізована технологічна схема біологічної доочистки виробничих стічних вод у природних умовах (рис. 3). Залежно від характеру промислового виробництва, схема може змінюватись і доповнюватись [12, с. 33, 13, с. 54].

Модернізована технологічна схема доочищення стічних вод у природних умовах складається з таких етапів:

1–2: механічне очищення стічних вод з допомогою пісковловлювачів і відстійників;

3–10: біологічне очищення стічних вод за допомогою плаваючих балонів для поселення мікроорганізмів з додаванням біопрепарату, наприклад «Еконадін» чи «Трофойл»;

11–12: біологічне доочищення стічних вод на гідрофітних інженерних спорудах у природних умовах [6, с. 231, 9, с. 90].

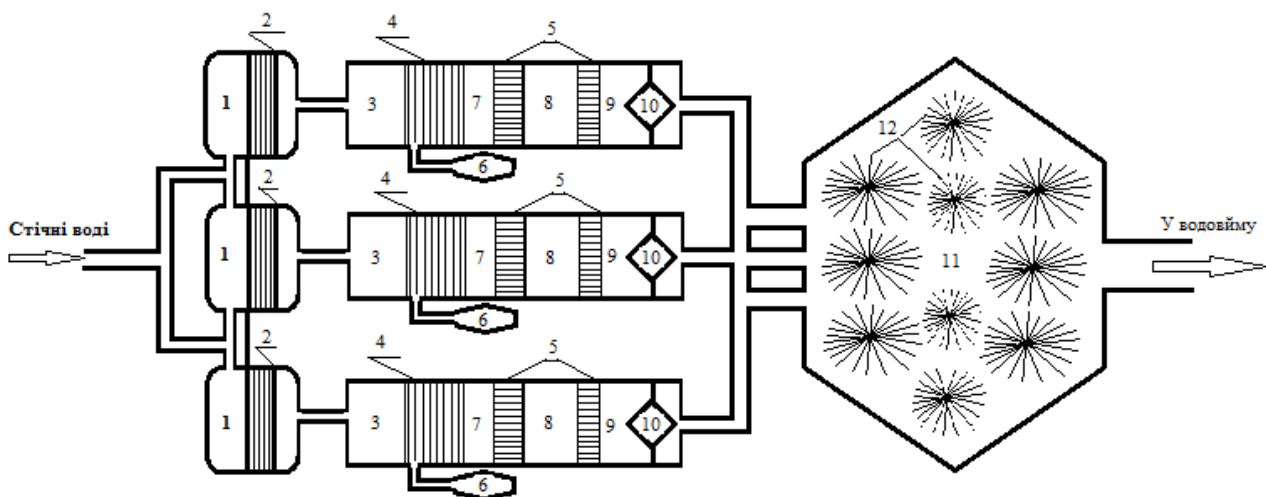


Рис. 3. Модернізована технологічної схеми очищення виробничих стічних вод:

- 1 — пісколовка; 2 — аерліфт; 3 — додатковий біопрепарат; 4 — аератор;
 5 — плаваючий сорбуючий бон; 6 — повітрорудка; 7 — резервуар фізико-біологічного очищення;
 8 — тонкошаровий відстійник; 9 — резервуар накопичувач; 10 — насос;
 11 — гідрофітна споруда «біоплато»; 12 — угруповання макрофітів

Економічна доцільність проекту

Узагальнивши результати запропонованої модернізованої технології очищення стічних вод виробничих процесів промислових підприємств ми прийшли до висновку, що розроблена нами конструкція є економічно рентабельною оскільки її схема досить не складна і складається з простих, не коштовних матеріалів, які з легкістю можна придбати, чи за необхідності замінити. До того ж воно має високий термін експлуатації, енергетично не затратна і майже не зношується. Не потребує кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

Розглянемо конкретний приклад впровадження удосконаленої схеми доочищення зворотних вод на прикладі авіапідприємства ДП МА Київ, сумарна потужність очисних споруд якого становить 38000 м³/добу.

Беручи до уваги зазначені вихідні дані нами були здійсненні такі обрахунки економічної доцільності впровадження запропонованої нами технології модернізації: 1 м³ біоплато коштує 8000–10000 грн. Встановлена сума включає в себе затрати на закупівлю матеріалів. До даної суми на входять витрати на експлуатацію та обслуговування гідрофітної споруди.

Отже, для впровадження гідрофітної споруди у виробничий процес доочищення стічних вод авіаційного підприємства, чи будь-якого промислового підприємства із наближеними концентраціями речовин-забруднювачів і з такою самою пропускною здатністю, сума розходу становить 10 000·38 000 = 380 000 000 грн.

Якщо брати до уваги, що офіційний дохід ДП МА Київ за 2017 р. чистим прибутком становить 62,7 млн/грн, то можна встановити, що запропонований нами проект окупиться за: $380000000/62700000 = 6,06$ років (ураховуючи нинішній курс національної валюти України з похибкою 2 грн).

Ураховуючи той факт, що функціонування існуючої станції нейтралізації є не задовільним із-за того, що за часи її експлуатації змінилися як технології, так і кількісний та якісний склад стоків, то на даний час вона є економічно та екологічно не доцільним проектом. Побудова ж нової станції нейтралізації стічних вод буде коштувати, станом на сьогодні $\approx 10\,000\,000$ грн. Ураховуючи що очищення за допомогою біоплато має вищу пропускну здатність, порівняно із іншими методами біологічної очистки, то можна стверджувати, що цей метод є раціональнішим та вигіднішим.

До недоліків модернізованої технологічної схеми можна віднести лише те, що ця технологія потребує достатньої площі для використання, але

за правильного розташування ця гідрофітна споруда допоможе не тільки в очищенні зворотних вод, але й в очищенні вод, що надходять до колектору із дощовим поверхневим стоком та ґрунтовими водами, що також є досить забрудненими в цій місцевості. До того ж біоплато може покращити естетичний вигляд території на якій воно розташоване.

Висновки

Отже, удосконалений нами метод доочищення зворотних вод у природних умовах є достатньо економічним та енергозберігаючим, а також він економічно доцільний у використанні.

Здатність ВВР інтенсифікувати процеси відновлення якості води — незаперечна. Обслуговування та експлуатація не потребує великих зусиль, адже все відбувається автоматично. Це робить даний метод конкурентно-спроможним порівняно із традиційними методами очищення, що використовують на сьогодні в Україні та світі.

Недоліками даної споруди є лише великі площі, що вона займає та те що після експлуатації макрофіти необхідно утилізувати, але ця проблема покладена на спеціальні установи, що на цьому спеціалізуються, а отже даний недолік не є критичним.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Удод В. М.**, Маджд С. М., Кулинич Я. І. Регіональні особливості структурно-функціональної організації розвитку техногенно змінених водних екосистем. *Вісник Кременчуцького національного університету*. 2017. №3 (104). С. 93–99.
2. **Isaienko V.**, Nikolaev K., Madzhd S. The prevention of water resources quality depletion in the context of sustainable development. *International Symposium on Sustainable Aviation 2017 ISSA: Sares Aviation Week 2017* (10–13 September 2017, Kiev, Ukraine), 2017. P. 66.
3. **Удод В. М.**, Маджд С. М., Кулинич Я. І. Дослідження причин та наслідків трансформації техногенно змінених водних систем. *Техногенна безпека. Радіоекологія*. 2017. Т.289. Вип. 277. С.10–16.
4. **Маджд С.М.** Оцінка техногенного впливу авіапідприємств на стан водойм. *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.
5. **Міхеев О. М.**, Маджд С. М., Семенова О.І., Дмитруха Т. І. Адаптація гідрофітної системи для очистки стічних вод підприємств цивільної авіації. *Хімія і технологія води*. 2015. №3. С.574м581.
6. **Маджд С. М.** Досвід експлуатації гідрофітних споруд в Україні та світі. *Наукоємні технології*. 2016. № 2. С. 228–231. DOI: 10.18372/2310-5461.30.10569 (ua).

7. **Михеев А. Н.,** Овсянникова Л. Г., Маджд С. М., Лапань О. В. Разработка технологии деконтаминации водных объектов от радионуклидов и химического загрязнения. *Биотехнология XXI: Всеукр. наук.-практ. конф.*, (22 квітня 2016 р., Київ, Україна): тези доп. К., НТУУ «КПІ», 2016. С. 155.

8. **Маджд С. М.** Механізми дезактивації забруднюючих речовин в гідробіотехнологічних системах. *Проблеми водовідведення, водовідведення та гідровліки: наук.-техн. зб. К.: КНУБА, 2016. Вип.27. С. 221–226.*

9. **Маджд С. М.,** Панченко А. О., Бондар А. М. Роль вищих водних рослин у деструкції забруднювачів в біоінженерних гідролітичних спорудах. *Наукоємні технології. 2017. №1. С. 89–93.*

10. **Міхеев О. М.,** Лапань О. В., Овсянникова Л. Г., Маджд С. М. Використання нового типу біоплато для очищення водних об'єктів від радіонуклідного та хімічного забруднення. *XXIV щорічна наукова конференція Інституту ядерних досліджень НАН: Всеукр. наук. конф. (10–13 квітня*

2017 р., Київ, Україна): тези доп. Київ: Ін-т ядерних дослідж., 2017. С. 240–241.

11. **Маджд С. М.** Роль гідробіотехнологічних систем у підвищенні ступеня очищення зворотних вод. *VI Всеукр. з'їзд екологів з міжнарод. участю (20–22 вересня 2017 р., Вінниця): тези доп. Вінниця, 2017. С. 68.*

12. **Маджд С. М.** Технології в очищенні стічних вод авіапідприємств у природних умовах. «Еко Форум-2018»: II спеціалізов. міжнар. еко. Форум (30 травня — 01 червня 2018р., Запоріжжя): тези доп., Запоріжжя: ВЦ «Козак Палац», 2018. С. 33–35.

13. **Міхеев О. М.,** Лапань О. В., Маджд С. М. Використання гідролітичної системи типу біоплато для відновлення якості забруднених важкими металами і радіонуклідами. «Радіаційна і техногенно-екологічна безпека людини та довкілля: стан, шляхи і заходи покращення»: XIV Міжнарод. наук.-практич. конф. (2–6 червня 2017 р.): тези доп. Миколаїв-Очаків, 2018. С. 54–55.

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

ВОДОХОРОННІ ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЧИХ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Установлено, що очисні споруди більшості промислових підприємств України не достатньо очищують стічні води до нормативів, що задовольняють граничнодопустимі концентрації. Показано, що основна причина перевищення концентрації забруднюючих речовин у стічних водах полягає у застарілому очисному обладнанні та застарілих методах очищення. Запропонований новий, сучасний біологічний метод, що вирішить проблему доочищення зворотних вод у природних умовах. Здійснена оцінка ефективності роботи очисних споруд, що базуються на використанні природних процесів самоочищення — фітотехнологіях. Науково обґрунтовано та доведено, що більш доцільними у використанні серед біоінженерних споруд, чий принцип базується на використанні фітотехнологій є гідролітична споруда типу біоплато. Охарактеризовано основні переваги та недоліки даного методу. Проведено порівняння даного методу очищення із методами що базуються на методах очищення у штучних умовах, наприклад в аеротенках. Доведено що запропонований метод є більш ефективним у використанні, а ніж ті що використовують не природні методи очищення. Наведені переваги використання вищих водних рослин в очищенні стоків різних підприємств. Показано, що угруповання макрофітів відіграють важливу роль в очищенні стічних вод. Здатність вищих водних рослин інтенсифікувати процеси відновлення якості води є незаперечною. Наведена детальна схема як самої установки, її складових та компонентів, так і повний опис технологічного процесу, що очищає стічні води від забруднюючих речовин. Представлена методика розрахунку та результати розрахунку економічної доцільності впровадження даної фітотехнології на конкретному об'єкті. Наведені результати дослідження проаналізовані у висновках.

Ключові слова: фітотехнології; якість води; очищення зворотних вод у природних умовах; біоплато; економічна доцільність.

Isaenko V. M., Madzh S. M., Panchenko A. O., Bondar A. M.

WATER-SUPERVISION MEASURES FOR ENHANCING ENVIRONMENTAL SAFETY OF INDUSTRIAL WASTEWATER INDUSTRIAL ENTERPRISES

It has been established that the treatment facilities of most industrial enterprises of Ukraine do not sufficiently clean waste water to the standards that meet the maximum permissible concentrations. It is shown that the main reason for exceeding the concentration of pollutants in waste water is the old cleaning equipment and outdated purification methods. A new, modern biological method is proposed that solves the problem of re-treatment of reverse water in natural conditions. An estimation of efficiency of work of treatment facilities, based on use of natural processes of self-improvement - phytotechnologies. Scientifically substantiated and proved that it is more appropriate to use among bio-engineering constructions, whose principle is based on the use of phytotechnologies, is a hydrophilic structure of the type of biplane. The main advantages and disadvantages of this method are described. A comparison of this purification method with methods based on the methods of purification in artificial conditions, for example, in aerotanks. It is proved that the proposed method is more effective in use than those using non-natural methods of purification. The advantages of using higher aquatic plants in the treatment of wastewater from different enterprises are presented. It is

shown that macrophyte groupings play an important role in the purification of sewage. The ability of higher aquatic plants to intensify the process of restoring water quality is indisputable. The detailed scheme of the plant, its components and components as well as the full description of the technological process that cleans wastewater from pollutants is given. The method of calculation and results of calculation of economic expediency of introduction of this phytotechnology on a concrete object is presented. The presented research results are analyzed in the conclusions.

Keywords: phytotechnology; water quality; purification of reverse water in natural conditions; bioplate; economic feasibility.

**Исаенко В. М., Маджд С. М., Панченко А. О., Бондарь А. М.
ВОДООХРАННЫЕ МЕРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Установлено, что очистные сооружения большинства промышленных предприятий Украины недостаточно очищают сточные воды до нормативов удовлетворяющие предельно допустимые концентрации. Показано, что основная причина превышения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах заключается в устаревшем очистном оборудовании и устаревших методах очистки. Предложен новый, современный биологический метод, решит проблему доочистки сточных вод в естественных условиях. Осуществлена оценка эффективности работы очистных сооружений, основанных на использовании природных процессов самоочищения — фитотехнологии. Научно обосновано и доказано, что более целесообразными в использовании среди биотехнологических сооружений, чей принцип базируется на использовании фитотехнологий является гидрофитное сооружение типа биоплато. Охарактеризованы основные преимущества и недостатки данного метода. Проведено сравнение данного метода очистки с методами основанные на методах очистки в искусственных условиях, например, в аэротенках. Доказано, что предложенный метод является более эффективным в использовании, нежели те что используют не природные методы очистки. Приведены преимущества использования высших водных растений в очистке стоков различных предприятий. Показано, что группировка макрофитов играют важную роль в очистке сточных вод. Способность высших водных растений интенсифицировать процессы восстановления качества воды является неоспоримым. Приведенная подробная схема как самой установки, ее составляющих и компонентов так и полное описание технологического процесса, очищает сточные воды от загрязняющих веществ. Представленная методика расчета и результаты расчета экономической целесообразности внедрения данной фитотехнологии на конкретном объекте. Приведенные результаты исследования проанализированы в выводах.

Ключевые слова: фитотехнологии; качество воды; очистка сточных вод в естественных условиях; биоплато; экономическая целесообразность.

Стаття надійшла до редакції 29.10.2018 р.
Прийнято до друку 01.12.2018 р.