

УДК 721.01:692.42/47:58.01/07

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.48>

ПРОМИСЛОВЕ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД БОЛОТНИМИ РОСЛИНАМИ НА ДАХУ

Рибак О.С. – аспірант, асистент кафедри екології
та природоохоронних технологій,

Державний університет «Житомирська політехніка»

Циганенко-Дзюбенко І.Ю. – аспірант, асистент кафедри екології
та природоохоронних технологій,

Державний університет «Житомирська політехніка»

Пацева І.Г. – д.т.н., професор,

завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій,

Державний університет «Житомирська політехніка»

Щодня в Україні через війну законсервовуються гектари земель. Половина цих територій зникне з природного кругообігу в довгостроковій перспективі. На додаток ще й землекористування викликало зростання міст. Війна, зміна клімату, зникнення видів і розвиток популяції змушують нас переосмислювати та діяти. Все більше і більше людей повертаються до міст також великий потік переселенців, і перед державою постає вимога до більшої та доступної житлової площі, але звідки її взяти? Забудувати інші природні території? Переуціління? Але де життєво важливі зелені насадження? Вплив міської спеки спричиненої сонцем, темними будівлями та вулицями, герметичними поверхнями та швидкою дощовою водою. Без рослин немає транспірації та пов'язаного з нею випарного охолодження. Будувати ще більше і ще цільніше означає шукати рішення, які створюють достатньо зелених просторів для людей і тварин. Через обмежений простір у місті для цього ідеально підходять зелені дахи з високою швидкістю випаровування та цілою низкою переваг, як екологічного так і економічного характерів. Нажаль, в Україні зелені дахи можна перелічити на пальцях двох рук. А болотні рослини на даху, це взагалі щось з області фантастики. Тому в цій статті розкрито проблематика очистки стічних вод за допомогою болотних рослин, на прикладі одного німецького підприємства. Де чітко демонструється можливість екологічної очистки стічних вод. Отже, основи є – ми лише повинні використовувати їх, застосувати їх і отримувати багато переваг. Це чітко демонструє широкі можливості, які можуть запропонувати дахи з болотними рослинами. Використання болотних рослин на дахах спочатку базувалося насамперед на практичних міркуваннях, таких як брак місця на рівні землі, у поєднанні з метою природного та економічно ефективного очищення води або охолодження частин будівлі. У сільськогосподарському секторі досліджено охолодження корівників покрівлями болотних рослин. Як виявилось, дуже перспективний підхід. Прислним «побічним ефектом» стала оптична модернізація зон даху та підвищення привабливості цих зон для всіляких тварин. Останнім часом використання болотних рослин на зелених дахах все більше йде рука об руку з ідеєю водного самодостатнього життя. Основою для цього є очищення сірої та дощової води через дах болотних рослин, щоб цю воду можна було повторно використовувати після подальшої обробки. Така «система циркуляції води» також все частіше використовується в ідеї «кріхитного будинку», тобто в невеликих, переважно транспортельних і в значній мірі самодостатніх будинках. І останнє, але не менш важливе: підхід водного самозабезпечення з використанням болотних рослин для зелених дахів також використовується при проєктуванні будинків. Особливо, коли простір на рівні землі обмежений, використання площі даху для озеленення та одночасного очищення води стає все більш привабливим. Ідея, здається, набуває поширення, що поверхня даху може бути не лише покриттям.

Ключові слова: зелений дах, аквакультура, стічні води, фосфат, очисний резервуар.

Rybak O.S., Tsyhanenko-Dziubenko I.Yu., Patseva I.H. Industrial wastewater treatment with swamp plants on the roof

Every day in Ukraine, because of the war, hectares of land are preserved. Half of these areas will disappear from the natural cycle in the long term. In addition, land use also caused the growth of cities. War, climate change, species extinction and population growth are forcing us to rethink and act. More and more people are returning to the cities, as well as a large flow of immigrants, and the state is faced with a demand for more and affordable living space, but where to get it? Build other natural areas? Overcompression? But where are the vital green areas? The effects of urban heat caused by the sun, dark buildings and streets, sealed surfaces and rushing rainwater. Without plants, there is no transpiration and associated evaporative cooling. Building even bigger and denser means looking for solutions that create enough green spaces for people and animals. Due to the limited space in the city, green roofs with a high rate of evaporation and a number of advantages, both ecological and economic, are ideal for this. Unfortunately, in Ukraine, green roofs can be counted on the fingers of two hands. And swamp plants on the roof, it's generally something from the realm of fantasy. Therefore, in this article, the problems of wastewater treatment with the help of swamp plants are revealed, using the example of one German enterprise. Where the possibility of ecological wastewater treatment is clearly demonstrated. So, the basics are there – we just have to use them, apply them and get many benefits. This clearly demonstrates the wide range of possibilities that bog roofs can offer. The use of marsh plants on roofs was initially based primarily on practical considerations, such as lack of space at ground level, combined with the aim of naturally and cost-effectively purifying water or cooling parts of a building. In the agricultural sector, the cooling of cowsheds with the roofs of swamp plants has been studied. As it turned out, a very promising approach. A pleasant “side effect” was the optical modernization of the roof areas and increased attractiveness of these areas for all kinds of animals. Recently, the use of marsh plants on green roofs has increasingly gone hand in hand with the idea of aquatic self-sufficiency. The basis for this is the treatment of gray and rainwater through the roof of marsh plants so that this water can be reused after further treatment. Such a “water circulation system” is also increasingly used in the idea of a “tiny house”, that is, in small, mostly transportable and largely self-sufficient houses. And last but not least, the approach of water self-sufficiency using marsh plants for green roofs is also used in the design of houses. Especially when ground-level space is limited, using roof space for landscaping and water purification at the same time is becoming increasingly attractive. The idea seems to be gaining ground that a roof surface can be more than just a covering.

Key words: green roof, aquaculture, wastewater, phosphate, treatment tank.

Постановка проблеми. Виробник сільськогосподарської техніки John Deere виготовляє трактори та тягачі на своєму заводі в Мангеймі (Німеччина) експлуатує очисні споруди з болотними рослинами на даху площею майже 200 м². Завод функціонує з 2001 року, побудований студентами та співробітниками. На сьогоднішній день на даху даного заводу встановлена система посадки болотних аквакультур без ґрунту. До таких рослин відноситься осока болотна (*Carex acutifonnis*), іриси болотні (*Iris pseudacorus*), осоки волотисті (*C. paniculata*), синьозелений очерет (*Juncus inflexus*), осока берегова (*C. riparia*), осоки дзьобасті (*C. rostrata*), жорстка осока (*C. elata*), очерет звичайний (*Phragmites australis*), які через свої кореневі системи очищують стічні води. Мікроорганізми поселяються на поверхні коренів і представляють собою постійно регенеруючий фільтр [1, с. 12]. Також очерет звичайний (*P. australis*) є хорошим провідником додаткового кисню [2, с. 14].

Завод знаходиться в безперервній роботі з понеділка по п'ятницю, 50 тижнів на рік і має потужність очищення 10 м³ на день. Розташований даний промисловий завод в центрі міста, тому там дуже мало корисного простору на підлозі. Відповідно каналізаційна система була спроектована (рис. 1) як самонесуча конструкція в дерев'яному каркасі на даху 100-річної будівлі.

Нинішнє насадження болотної покрівлі в John Deere Werk Mannheim (JDWM) складається з резервуару попереднього очищення, резервуар для зберігання, резервуар основного очищення, зона зрошення та інші тестові резервуари (рис. 2). Всі басейни, крім зони протікання, покривають водонепроникним слайдом по дні

ставку. Є невеликий резервуар попереднього очищення. Болото глибиною близько 30 см, в якому знаходиться насос. Особливістю є основний очисний бак, який складається з семи однакових розділених басейнів. Розмежування між раковинами виконано з пінопласту і накривається фольгою. Окремі зони підключені до головної труби через проходи, щоб досягти максимально тривалого часу відстоювання. Басейни мають висоту води не більше 10 сантиметрів. Глибина рослин приблизно 5 см у воді. Завдяки своїм властивостям вони можуть правильно організувати технологічний процес по очищенню стічних вод (рис. 2).



Рис. 1. Станція очищення стічних вод на даху компанії John Deere у Мангеймі

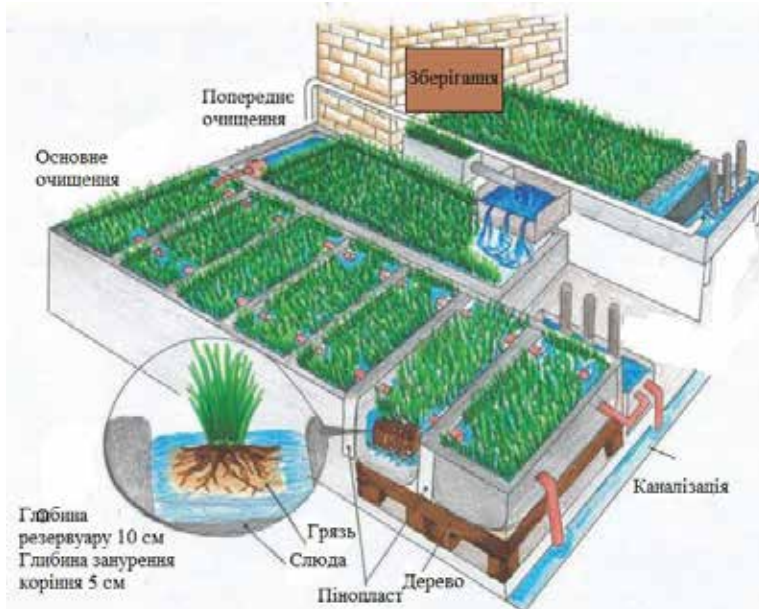


Рис. 2. Технологічна схема зеленого даху для очищення стічних вод

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Доцільно навести перелік дослідників-урбоекологів, які зробили значний внесок у дослідження зелених дахів, включають:

– *Dr. Marco Ottosson* – досліджував екологічні аспекти зелених дахів, включаючи їхній вплив на управління дощовою водою.

– *Dr. Brad Bass* – з Канадського Центру Зелених Дахів у Торонто, досліджував температурне регулювання, управління дощовою водою та інші екологічні переваги зелених дахів. Один з піонерів у сфері дослідження зелених дахів в Канаді. Він працював над моделюванням впливу зелених дахів на міське середовище.

– *Dr. Manfred Köhler* – професор і видатний дослідник у сфері зелених дахів у Європі, зокрема в Німеччині.

– *Dr. Virginia Stovin* – дослідниця з Університету Шеффільду, яка досліджувала гідрологічний вплив зелених дахів та їхню здатність до затримки дощової води.

– *Dr. Christine Thuring* – досліджувала екологію зелених дахів і їх вплив на міське середовище.

– *Dr. Wong Nyuk Hien* – професор із Національного університету Сінгапуру, який вивчав вплив зелених дахів на тропічне середовище і їх потенції у зменшенні забруднення води.

Виклад основного матеріалу дослідження. Використання зелених дахів для очищення стічних вод вимагає специфічного підходу при їхньому проектуванні та встановленні. При використанні зелених дахів для очищення стічних вод особливу увагу слід приділяти вибору рослин, якості води та інтенсивності догляду, щоб система була ефективною та стійкою до різних умов. Ось декілька технологічних вимог, які слід враховувати:

1. Водонепроникна мембрана – це ключовий елемент будь-якого зеленого даху. Мембрана повинна бути стійкою до коріння, щоб коріння рослин не проникло через неї.

2. Для виведення надлишкової води потрібна ефективна система дренажу. Вона також допоможе забезпечити аерацію ґрунту та запобігти гниттю коренів.

3. Фільтруючий шар затримує частки ґрунту, не дозволяючи їм потрапити до дренажної системи, і допомагає у видаленні забруднювачів з води.

4. Субстрат для рослин має бути легким, добре дренованим та містити необхідні для рослин поживні речовини. Зазвичай використовують суміш органічних та мінеральних компонентів.

5. Для очищення стічних вод варто вибирати рослини, які добре адаптовані до водних умов і володіють високим потенціалом видалення забруднювачів. Болотні рослини можуть бути ідеальним варіантом.

6. Періодично потрібно перевіряти стан мембрани, дренажної системи та рослин, а також очищувати фільтрувальний шар від залишків ґрунту та інших частинок.

7. Для оцінки ефективності системи слід регулярно перевіряти якість очищеної води. Це допоможе виявити потенційні проблеми на ранніх стадіях.

8. Структура даху має бути розрахована на додаткове навантаження від ґрунту, води, рослин та обладнання.

9. Для обслуговування та догляду за зеленим дахом потрібно забезпечити безпечний доступ.

На рисунку 3 показано шлях стічної води до скидання в каналізацію. Стічні води, наприклад 10 м³ на добу з температурою десь 30 °С, йде від попередньої обробки фарби коробки передач і містить такі домішки, як масла, поверхнево-активні

речовини, жири та залишки фосфатуючого агента фосфату натрію та фосфату заліза) [2, с. 24–26]. Вода транспортується з виробничої будівлі по трубопроводу з нержавіючої сталі подається безпосередньо у припливний резервуар і збирається ①. У цьому басейні стічні води вимірюються трьома вимірювальними зондами найважливіший параметр значення рН, вміст кисню, електропровідність і виміряна температура води.

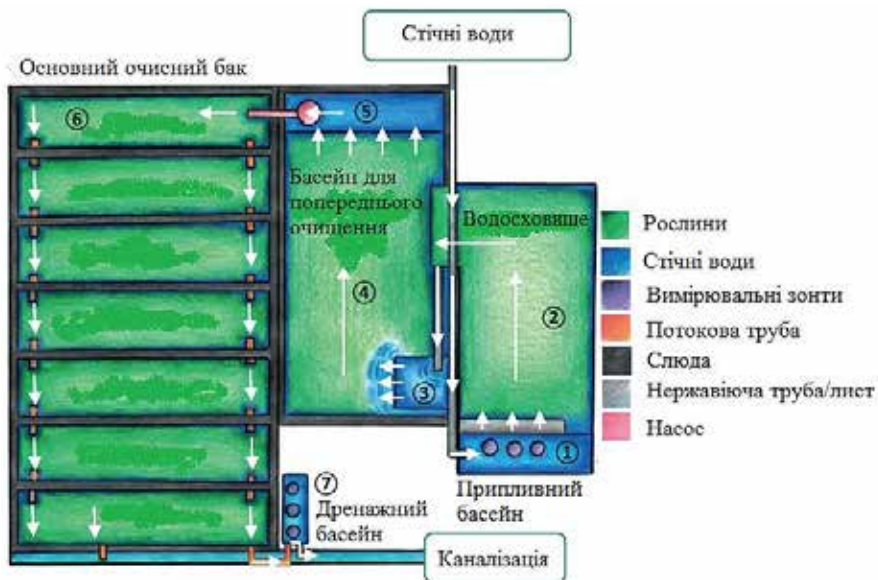


Рис. 3. Напрямок потоку води на болотній очисній станції

Потім стічні води з припливного басейну спрямовуються в горизонтальному напрямку через накопичувальний басейн ②, де відбувається перший етап очищення та перший контакт з рослинами. Через трубу на глибині 40 см генерується водоспад ③, що провокує подальше збагачення системи киснем стічних вод в резервуар попередньої обробки ④. У кінці резервуару попереднього очищення ⑤ використовують занурювальний насос, щоб уникнути високого рівня води (небезпека затоплення), там стічна вода потрапляє в головний очисний бак ⑥ перекачується, де відбуваються основні процеси деградації. Стічні води повільно течуть від першого до сьомого басейну головного очисного басейну. Далі стічні води потрапляють у водозбірник через дренаж ⑦ безперервно направляються через стаціонарні вимірювальні зонди назад. Після очищення якість води перевіряється датчиками і передається на комп'ютер, якщо вона відповідає нормам, то автоматично скидається до каналізації.

Для визначення часу утримання стічної води був використаний флуоресцеїн як індикаторна речовина, який зарекомендував себе під час досліджень стічних вод. Час перебування стічної води вимірювали після додавання розчину урану у вхідний басейн до повного забарвлення сьомого основного очисного басейну. Під час вимірювань у 2008 році середній час перебування становив 454,21 хвилини або 7,57 годин. Середній гідродинамічний час перебування становить 442,4 хвилини або 7,37 години [4, с. 66–68].

Після процесу фосфатування в фарбі для основного очищення та фосфатування шестерень система повинна знову зменшити кількість фосфату, щоб відповідати параметрам викиду, визначених містом Мангейм, Федеративна Республіка Німеччина [5].

Щоб перевірити відповідність цим параметрам, щомісяця відбирають проби стічних вод із басейнів притоку та відтоку, кожна з об'ємом проби 1 літр, перевіряють та аналізують у зовнішній лабораторії для оцінки ефективності очищення та відповідності вимогам граничні значення для параметрів значення рН, електропровідність, речовини, що осідають, наприклад, аміачний азот, нітрати, загальний азот і загальний фосфат. Отримане потім перевіряються. Якщо необхідно, захід по очистці починають знову, якщо окремі значення більше не знаходяться в межах граничного діапазону.

За даними лабораторних досліджень система очищення працює добре. Виміряні параметри значно нижчі за вказані граничні значення. У минулому дотримання фосфатного значення було проблематичним. Значення постійно дотримуються в точці передачі в міську каналізаційну систему, однак, перевищувало параметри загального вмісту фосфатів (рис. 4). Зрізаючи рослини та регулярно видаляючи сильно забруднене, жирне коріння рослин у водосховищі значно знизився вміст фосфатів. Однак через кілька місяців вміст фосфату зазвичай знову зростає. Причини цього можуть полягати в тому, що забруднена стічна вода знижує продуктивність фільтра в резервуарі з насичених жиром коріння рослин, які розташовані близько один до одного.

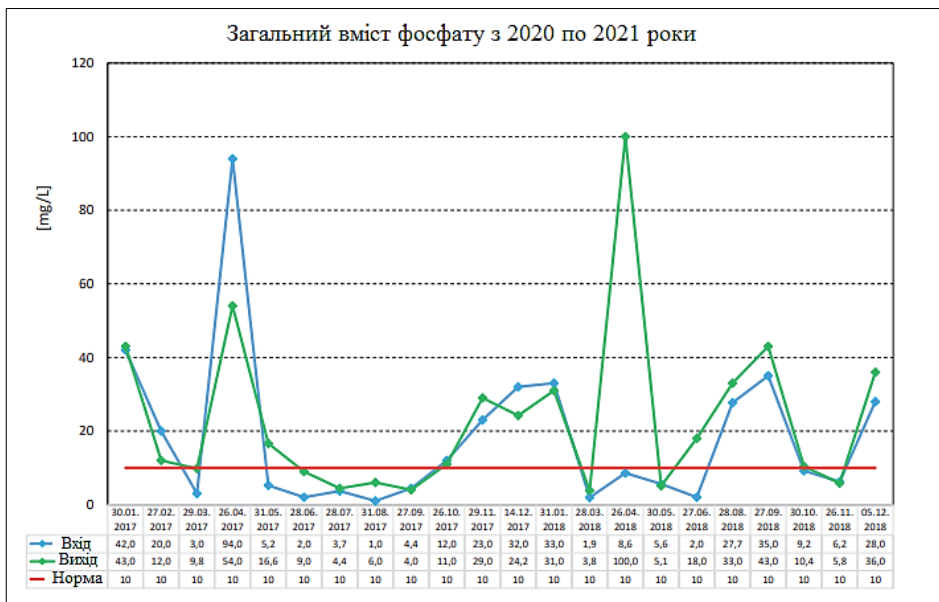


Рис. 4. Відображення вмісту фосфатів у мг/л з 2020 по 2021 роки

Чим щільніше рослини розташовані в системі, тим менше поживних речовин, таких як фосфат, зв'язується ростом рослин і коренів. Зрізаючи водні рослини та очищаючи резервуари, ці поживні речовини можна видалити з системи. Тому рослини принаймні двічі на рік скорочують та механічно очищають резервуари,

якщо це необхідно. Крім того, в районі системи фарбування встановлено стрічковий фільтр для видалення грубих частинок домішки та забруднювачі повинні бути видалені перед їх скиданням у каналізацію.

Болотні рослини часто використовуються в системах природного очищення стічних вод завдяки їхній здатності абсорбувати забруднювачі та сприяти росту мікроорганізмів, які беруть участь у процесах біодеструкції різних речовин.

Для створення системи очищення на даху можна використовувати такі види болотних рослин:

- Рогіз широколистий (*Typhalatifolia*) – добре відома болотна рослина, яка може абсорбувати сполуки важких металів та інші хімічні забруднювачі.

- Осоки (*Carex*) – її види дуже поширені в болотистих умовах і можуть бути використані для створення «зелених фільтрів».

- Іван-чай вузьколистий (*Epilobium angustifolium*) – має високі очищувальні властивості і може бути використаний на дахах.

- Рогіз звичайний (*Schoenoplectus*) – є частою рослиною в болотах та має хороші очищувальні властивості.

- Глечики жовті (*Nuphar lutea*) – ця плаваюча рослина може використовуватися в акватичних системах на дахах.

- Водяний горіх (*Trapa natans*) – інша плаваюча рослина, яка поглинає забруднювачі з води.

- Ряскові (*Lemna*) – мала плаваюча рослина, яка дуже швидко росте та ефективно поглинає забруднювачі.

- Болотниця звичайна (*Phragmites australis*) – ця велика тростина часто використовується в системах природного очищення води.

У 2002 році була зроблена спроба визначити активність мікроорганізмів на коренях рослин. Завод був офіційно схвалений у 2003 році по очищенню промислових стічних вод, і були проведені випробування щодо максимального поглинання важких металів і реакції на важкі метали. У 2004 році сезонна залежність скорочення компонентів була вперше досліджена з використанням водно-болотного угіддя без осаду, побудованого на даху, у співвідношенні з денними та нічними характеристиками.

У 2005 році встановлено фільтр з висушеними залізними ошурками. Через цей фільтр концентрація фосфату доочищалася і таким чином була зменшена. Однак пізніше фільтр було знову видалено через великі ручні зусилля. У тому ж році також було проведено випробування системи, щоб перевірити, чи можна очистити воду, що змивається з душу та туалету, а також воду для підживлення з фарбувальної камери. Ці випробування, а також видалення важких металів дали позитивні результати, але не були схвалені, оскільки не було особливої потреби в очищенні таких стічних вод на місці.

Як уже згадувалося, значення фосфату після очищення часто перевищували допустиму межу 10 мг/л. Таким чином, зниження вмісту фосфатів у стічних водах, що надходять, є важливим фактором для забезпечення правильного функціонування побудованого водно-болотного угіддя. Заклад залучав студентів до різноманітних проектів для розробки відповідних методів вирішення цієї проблематики, забезпечуючи цінний аудиторний досвід навчання та можливості для співпраці з університетом. Ця підтримка студентів дозволила знайти рішення проблеми деградації фосфатів і вдосконалення процесу.

В інших проектах було досліджено удобрення рослин. Пропорція Редфілда 1 моль Р:16 моль N порушується високою кількістю фосфору та низькою кількістю азоту. Тому можна додати спеціальні азотні добрива. Однак у результаті

відбувається надмірний ріст водоростей. Перспективна ідея для використання водоростевого газонного фільтру, запатентований процес із США. Пластикову сітку засаджують водоростями і ставлять трохи нижче поверхні води. Крім того, осідають інші водорості та штами бактерій. Таким чином можна досягти максимального розпаду 72 мг/л фосфату. Цей процес є громіздким через очищення сітки та збирання водоростей. Загалом, хороший потенціал для видалення фосфатів [6, с. 40–42]. Однак процес не отримав подальшого розвитку, щоб він був готовий до серійного виробництва в повсякденній експлуатації.

Через зовнішню температуру взимку ефективність очищення в зимовий період значно знижується. При температурах нижче нуля градусів за Цельсієм стічні води в окремих басейнах можуть замерзати на поверхні та частково на дні рослин. Час реакції біологічних систем, як і людей, уповільнюється. Оскільки система в основному використовується для очищення стічних вод промислового підприємства, необхідно переконатися, що система надійно зменшує кількість поживних речовин, що містяться в ній, до допустимих параметрів скидання навіть під час експлуатації взимку. При проектуванні системи зниження ефективності очищення взимку має бути взято за основу вимірювання продуктивності. Виявляється таким чином надлишок електроенергії влітку. Восени також необхідно підготувати систему до зимової експлуатації. Оскільки стічна вода з виробничої будівлі подається в систему з температурою подачі близько 30 °С, безпроблемна робота взимку зазвичай можлива при зовнішніх температурах до 0 °С.

Висока температура потоку в поєднанні з коротким часом витримки гарантує, що в басейні немає льоду. При температурах нижче 0 °С слід використовувати мережевий обігрів для труб, а також нагрівальні кабелі, щоб насоси та переливні труби були вільними від льоду. Однак замерзання водної поверхні не є проблемою, якщо під поверхнею постійно тече вода. Неможливо експлуатувати систему при зовнішній температурі нижче –15 °С. Однак такі температури бувають лише на території заводу максимум 2–3 днів на рік.

Підготовка до зимової експлуатації включає, наприклад, обрізання рослин на висоту близько 20 см. згодом видаляється листя рослин, мертві рослини, біомаса та сміття з резервуарів, щоб запобігти засміченню труб основного очисного резервуару. Крім того, необхідно перевірити та відремонтувати насоси, поплавкові вимикачі, датчики та систему стічних вод, якщо це необхідно. Також, перевірити на справність нагрівальних кабелів в резервуарі попереднього очищення та замінити основний очисний бак. Ці кабелі генерують тепло за зовнішньої температури нижче 5 °С. Це означає, що лід не утворюється в зоні нагрівальних кабелів і витратомірних трубок, а вимірювальні зонди залишаються вільними від льоду.

Інші несправності, які можуть виникнути в системі, це, наприклад, переповнення первинного відстійника. Причинами цього є або несправність поплавкових вимикачів чи насосів, або замерзла стічна вода в первинному відстійнику. Таким чином, стічні води не перекачуються з первинного відстійника в головний відстійник. Вирішенням цього є використання аварійної труби, яка направляє стічні води з резервуару-накопичувача безпосередньо до шостого резервуару основного очисного резервуару (рис. 5).

Із метою продовження терміну служби очисних споруд і підтримки постійної продуктивності очищення на очисних спорудах проводяться наступні заходи:

Щодня Візуально перевіряється стан системи, чи всі вимірювальні зонди функціональні, щоб труби потоку між басейнами не засмічувалися, а всі басейни та рослини в порядку.



Рис. 5. Фото Джона Діре.

Зліва: налагодження аварійного трубопроводу від водосховища до шостого басейну головного очисного басейну (знято 23.01.2019 р.); справа вгорі: лід утворився в аварійній трубі при температурі -1°C (знято 24.01.2019 р.); праворуч внизу: замерзла стічна вода у вхідному басейні при температурі нижче -1°C (знято 24.01.2019 р.)

Щотижневе видалення фосфатного шламу в припливному басейні мулу та відкладень у вихідному басейні, які збираються на ситі, що стримує їх. Потім вимірювальні зонди очищаються щіткою, щоб ці вимірювальні зонди не були покриті брудом.

Щомісяця калібруються зонди рН і O_2 на басейнах притоку та відтоку.

Щорічно восени обрізаються листя культур і видалається деяка густина рослинності, щоб підтримувати постійний потік води та ефективність очищення системи.

Висновки:

1. Перед використанням конкретних видів рослин на даху важливо врахувати їхні особливості росту, потреби в воді та взаємодію з іншими рослинами і мікроорганізмами. Також слід пам'ятати про те, що ефективність очищення може залежати від типу забруднення та специфікацій конкретної системи на даху.

2. Необхідна міцність конструкції: Перш ніж встановлювати зелений дах, важливо переконатися, що будівля може витримати додаткове навантаження від ґрунту, води та рослин. Необхідно провести структурний аналіз.

3. Щоб запобігти протіканню, потрібна якісна водонепроникна мембрана, яка водночас повинна бути проникливою для коренів рослин.

4. Важливо мати ефективну дренажну систему, щоб уникнути застоювання води на даху, яка може призвести до протікань або інших проблем.

5. При виборі рослин слід враховувати їхні особливості росту, потреби у воді, толерантність до екстремальних умов та інші фактори.

6. Регулярний огляд та утримання зеленого даху важливі для його довговічності та ефективності. Це включає в себе усунення мертвих або хворих рослин, перевірку системи дренажу та поливу тощо.

7. Щоб переконатися в ефективності системи очищення води, регулярно проводьте лабораторний аналіз води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gyser C. Entfernung von Phosphor aus Abwasser einer Getriebeherstellung in einer Pflanzenkläranlage. Diplomarbeit. 2013.
2. Reindl J. Erstellen von Konzepten für Dachpflanzenkläranlagen und Wirtschaftlichkeitsvergleich mit einer herkömmlichen chemischphysikalischen Abwasserbehandlungsanlage Diplomarbeit. 2006.
3. Zehnsdorf A., Willebrand K. C., Trabitzsch R., Knechtel S., Blumberg M., Müller R. A. Wetland roofs as an attractive option for decentralized water management and air conditioning enhancement in growing cities – A review. *Water*. 2019. № 11 (9). P. 1845.
4. Simper, N. Experimentelle und mathematische Beschreibung einer etablierten Dachpflanzenkläranlage, sowie Grundlagenversuche für weiterführende Erkenntnisse. Diplomarbeit. 2018.
5. Pradhan S., Al-Ghamdi S. G., Mackey H. R. Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: A review of the applicability and challenges. *Sci. Total Environ*. 2019. № 652. P. 330–344.
6. Rhodes, J. Entfernung von Phosphor aus Abwasser einer Getriebeherstellung in einer Pflanzenkläranlage. Bachelorarbeit. 2014.
7. Demchuk L. I., Alpatova O. M., Maksymenko I. Y. Environmental security as a component of national sustainability: worldview analysis. Publishing House “Baltija Publishing”, 2022.
8. Максименко І. Ю. Фіторемедіаційний потенціал антропогенно трансформованих біогідроекозів Малинської ОТГ. *Сучасні проблеми екології* : тези XVIII Всеукраїнської наукової on-line конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю (06 жовтня 2022 року). Житомир : Житомирська політехніка, 2022. 105 с. 2022. С. 53.

УДК 504.4.062.2:556.38

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.49>**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ
СТОХІД ЗА МАКРОФІТНИМ ІНДЕКСОМ MIR****Цьось О.О.** – к.с.-г.н., доцент,доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,
Волинський національний університет імені Лесі Українки**Боярин М.В.** – к.г.н., доцент,доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,
Волинський національний університет імені Лесі Українки**Волошин В.У.** – к.т.н., доцент,доцент кафедри геодезії картографії та земельного кадастру,
Волинський національний університету імені Лесі Українки**Музиченко О.С.** – к.б.н., доцент,доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,
Волинський національний університет імені Лесі Українки

У статті наведено результати досліджень щодо оцінки якості поверхневих вод з використанням Макрофітного індексу MIR за методикою Макрофітної оцінки річок (MMOR).