
БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ

УДК 628.3

С. В. Завацький, к.ф.-м.н., доцент,
Л. С. Котельчук, к.т.н., доцент,
А. Л. Котельчук, к.т.н.

**БІОІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД
МАЛОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ**

У статті запропонована технологічна схема очищення стічних вод за технологією біоплато, а також розглянуто конструкцію і роботу споруд, які використовуються для їхнього очищення. Приведений режим роботи системи біоплато при експлуатації в літній та зимовий періоди року.

Ключові слова: очисні споруди, септик, біоплато, дренаж, проти-фільтраційний екран.

С. В. Завацький, к.ф.-м.н., доцент,
Л. С. Котельчук, к.т.н., доцент,
А. Л. Котельчук, к.т.н.

**БИОИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
МАЛОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ**

В статье предложена технологическая схема очистки сточных вод по технологии биоплато, а также рассмотрена конструкция и работа сооружений, которые используются для их очистки. Приведен режим работы системы биоплато при эксплуатации в летний и зимний периоды года.

Ключевые слова: очистные сооружения, септик, биоплато, дренаж, противофильтрационный экран.

S. V. Zavatskyi, candidate of physics and mathematics,
associate professor,
L. S. Kotelchuk, candidate of technical sciences,
associate professor,
A. L. Kotelchuk, candidate of technical sciences

**BIOENGINEERING FACILITIES FOR LOW PRODUCTIVITY SEWAGE
TREATMENT**

The article proposes a technological scheme of sewage treatment by the bioplato technology as well as constructing and operating of buildings that are used for treatment. The mode of operating bioplato system in summer and winter seasons is described.

Keywords: sewage treatment plants, septic tanks, bioplato, drainage, anti-filtering screen.

Актуальність теми дослідження. Розробка інноваційних енергоєфективних проектів очисних споруд із малозатратними експлуатаційними показниками при малих витратах, їх впровадження в населених пунктах з чисельністю населення до 5–15 тис. мешканців поліпшить стан їхнього водопостачання й водовідведення, а також існуючу екологічну ситуацію в Україні.

Постановка проблеми. Загальновідомо, що вода – найцінніший природний ресурс, вона відіграє вирішальну роль у процесі обміну речовин, що становить основу життя всіх живих організмів на земній кулі. На жаль,

БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ

стан води в більшості відкритих водоймах України сьогодні можна класифікувати як забруднений та небезпечний для навколишнього середовища. Це викликано тим, що великі об'єми води після її використання в промисловому і сільськогосподарському виробництві, а також у побуті, повертаються у відкриті водойми у вигляді стічних вод. Скидання недостатньо очищених стічних вод і є основним джерелом забруднення та засмічення водоймищ.

Зазвичай у річках та інших водоймищах відбувається природний процес самоочищення води, але за умови незначних за обсягами скидів стічних вод.

Об'єми скиду стічних вод щорічно збільшуються, тому часто виникають випадки, коли потужностей існуючих мереж очисних споруд не вистачає для якісної обробки стоків та їхньої утилізації. Крім цього, традиційні методи очищення стічних вод [1] є енергозатратними, як при будівництві очисних комплексів, так і під час їх експлуатації. Практично неможлива їхня ефективна експлуатація при малих витратах стічних вод, що характерно для невеликих населених пунктів. Пояснюється це особливістю функціонування очисних комплексів у селищах міського типу, яка пов'язана з відсутністю централізованого водовідведення господарсько-побутових стоків і їхньою доставкою на очисні споруди спецмашинами. Це досить часто призводить до неритмічності подачі забруднених вод з можливими досить тривалими паузами.

У більшості невеликих населених пунктів України взагалі відсутні очисні споруди або вони вийшли з ладу в процесі їхньої експлуатації. Через це неочищені стічні води з переповнених каналізаційних колодязів потрапляють прямо у відкриті водойми. В результаті цього багато водних об'єктів опиняється в незадовільному стані, і проблема очищення стічних вод стає головною для забезпечення життєдіяльності багатьох тисяч людей.

Тому проблема створення екологічно чистих і енергоефективних проектів очисних споруд з малозатратними експлуатаційними показниками при малих витратах на сьогодні є надзвичайно актуальною [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час відомо більше 2500 систем біологічного очищення стоків, які експлуатуються в різних країнах світу, в тому числі і в Україні [3, 4]. Такі біосистеми широко розповсюджені в Європі і Америці. В Данії, Німеччині, Англії діють більше 200 біоочисних споруд.

Якщо спочатку методи біологічного очищення застосовувалися тільки для господарсько-побутових стоків, то зараз ця технологія використовується і для очищення стічних вод від сільськогосподарських, промислових, харчових та інших об'єктів [5].

У поточному році розроблено два проекти очисних споруд за методом біоплато в районах Чернігівської області, впровадження яких дасть можливість встановити раціональні режими їх роботи відповідно до природних умов даної території.

Постановка завдання. Завдання дослідження – проаналізувати сучасні біологічні методи очищення стічних вод та застосувати ефективні технології у кліматичних умовах Чернігівської області.

Виклад основного матеріалу. Одним із ефективних та екологічно чистих методів очищення стічних вод є метод біоплато із застосуванням вищої водної рослинності (ВВР). Технологія біоплато – це технологія очищення стічних вод селищ міського типу, яка практично не вимагає витрат на енергопостачання, придбання реагентів, технологічне обслуговування, оскільки базується на використанні природних механізмів самоочищення. Ця технологія використовує процеси седиментації, фільтрації та природного самоочищення.

БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ

чищення водних об'єктів, заснованого на здатності вищої водної рослинності, водної мікрофлори і мікроорганізмів здійснювати деструкцію, трансформацію та акумуляцію органічних, мінеральних і зважених речовин, нафтопродуктів, іонів важких металів і бактеріального забруднення.

У даний час набули поширення різні конструкції біоплато: фільтраційні, поверхневі і наплавні [1].

В геологічних і ландшафтних умовах України доцільне застосування комбінованого типу біоплато – поверхнево-фільтраційного. Як фільтруючий матеріал може використовуватися пісок (місцевий середньозернистий), гравій, керамзит тощо. Фільтрацію рідини, що очищається, можна спрямувати як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. У фільтраційних біоплато на поверхнях фільтрів висаджуються вищі водні рослини, характерні для даної місцевості, а саме: очерет, рогіз, осока та ін. Таких фітонасичених споруд повинно бути, як правило, не менше двох.

Очищення стічних вод в біоплато забезпечується життєдіяльністю макрофітів, водоростей, а також іммобілізованого бактеріального середовища, розташованого як на поверхні ВВР, так і в фільтруючому шарі.

Поверхневий блок біоплато створюється для доочищення стічних вод і є спорудою з вільним натиском води в горизонтальному напрямку через середовище ВВР, висаджених у рослинний ґрунт. Доочищення води забезпечується гідробіонтами, що формуються в біоценозі вищих водних рослин. Ступінь очищення стічних вод на спорудах біоплато досягає 90–95% від загальної кількості домішок (табл. 1) [3].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика господарсько-побутових стічних вод до і після очищення

№ з/п	Найменування інгредієнта	Одиниця виміру	Концентрація забруднень		
			до очищення	після очищення	норматив на викиди
1.	Температура	°С	18-25	в межах норми	-
2.	Прозорість за шрифтом	см	0,5	~30	30
3.	Зважені речовини	мг/дм ³	858	до 15	15
4.	Запах	бали	5	0	0
5.	рН	—	6,5-8,5	7-8,5	6,5-8,5
6.	ХПК	мг/дм ³	560	30	80
7.	БПКп	мг/дм ³	377	6	15
8.	Колі-форма (індекс ЛКП)	коне/дм ³	5·10 ⁶	~1000	1000

При проектуванні системи очисних споруд основною метою є видалення забруднюючих частинок з води з таким розрахунком, щоб в результаті отримати якість води, яка відповідає діючим нормативним документам. Одним з важливих компонентів забруднення є завислі речовини, тобто речовини, які видаляються при фільтрації води через дрібнодисперсне середовище (пісок). При цьому завислі речовини діляться на неорганічні, представлені, в основному, інертними матеріалами, і органічні, які підлягають біодеградації.

Завислі речовини, які залишилися у воді після механічного очищення у септику або відстійнику, ефективно відділяються за допомогою фільтрації та відстоювання в блоках біоплато.

Відстоювання відбувається в зонах біоплато з відкритою водною поверхнею. Процес фільтрування відбувається при проходженні води через

БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ

фільтруючий шар у фільтраційних блоках. Біомаса та детрит вищих водних рослин також сприяють затриманню і осадженню зважених речовин.

Враховуючи різноманітність і складність фізико-хімічних процесів, які визначають сорбцію забруднюючих речовин при фільтрації, доцільно регламентувати швидкість сорбційних явищ швидкістю фільтрації (або часом знаходження води в блоках).

Завдяки штучно створеному природному механізму самоочищення в біоплато одночасно видаляються такі забруднюючі речовини, як азотні і фосфорні сполуки, жири та нафтопродукти, сполуки металів та їхніх солей. Патогенні сполуки видаляються на біоплато при проходженні води через систему за рахунок комплексу фізичних, хімічних і біологічних факторів. Фізичні фактори включають опромінення природним ультрафіолетом, механічну фільтрацію і седиментацію; хімічні фактори – дію O_2 , вплив фітонцидів, що виробляються деякими рослинами. Механізми біологічного видалення шкідливих органічних сполук включають бактеріальний антагонізм, поїдання найпростішими, а також природне відмирання.

Технологія біоплато вигідно відрізняється від традиційних методів очищення тим, що не вимагає витрат на електроенергію, реагенти, проста в експлуатації, передбачає мінімум обслуговуючого персоналу. На процес очищення за технологією біоплато не впливають різкі коливання витрат стічних вод, що надходять на очищення. Споруди біоплато або окремі його блоки при необхідності можуть бути виключені з роботи на тривалий період часу і оперативно включатися в роботу.

Очисний комплекс (рис. 1) складається із споруди механічного очищення – септика або відстійника, мулових майданчиків для підсушування осаду, а також споруд біологічного очищення (біоплато), ставка-накопичувача очищених стічних вод.

Схема очищення стоків за технологією біоплато пропускнуою спроможністю до $100 \text{ м}^3/\text{добу}$ виглядає таким чином.

Спочатку господарсько-побутові стічні води надходять до септика. Забруднення, що містяться в стічних водах, осідають на дно, де піддаються повільному процесу анаеробного бродіння, в результаті якого одна частина забруднень, питома вага яких менша, ніж води, підіймається вгору, а інша, питома вага яких більше, ніж води, осідає на дні споруди.

Процес здійснюється за участю бактерій, які природним шляхом формуються у побутових стічних водах. Таким чином, на першому етапі очищення відбувається розкладання органічних забруднень води і осадження механічних домішок, в результаті чого стоки частково освітлюються і дезодоруються. Після механічного очищення стічні води надходять на доочищення. Накопичений осад із дна споруди видаляється на мулові майданчики.

Після освітлювання стоки самопливом із септика по водовідвідній трубі спрямовуються на блоки біоплато.

Подальше очищення відбувається при проходженні стоків через блоки біоплато, яких може бути більше трьох. Останній блок біоплато є фільтраційний, в ньому очищена вода фільтрується через шар піску $h = 0,5 \text{ м}$ в дренажну систему. Очищена вода по дренам надходить в регульовальний колодезь, з якого спрямовується до ставка накопичувача, де фільтрується через природну основу в ґрунт, або може використовуватись в сільському господарстві для зрошення технічних культур.

БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ

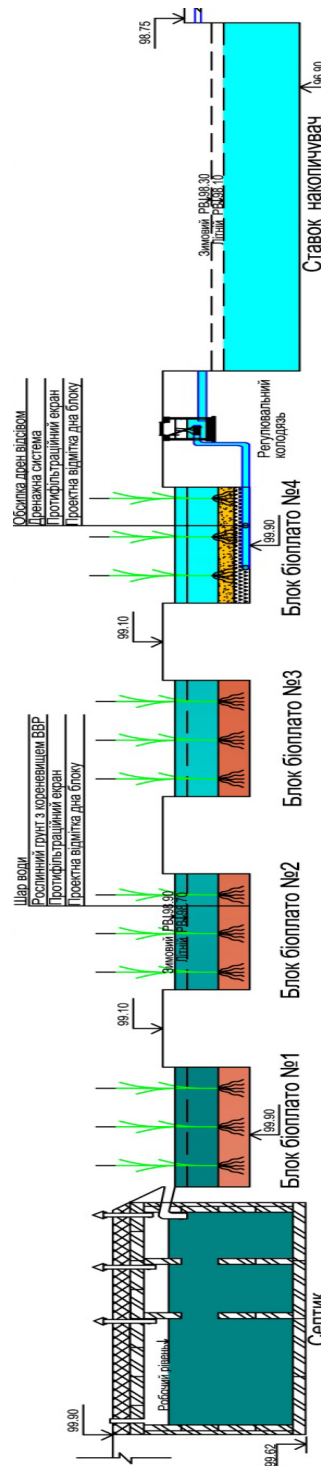


Рис. 1. Комплекс очисних споруд, спроектованих за технологією біоплато

БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ

На рис. 2 наведено конструкцію септика, об'єм якого розраховується згідно з п.6.61 СНиП 2.04.03-85 [6], п. 8.80, п.8.81 СНиП 2.04.03-85 [6].

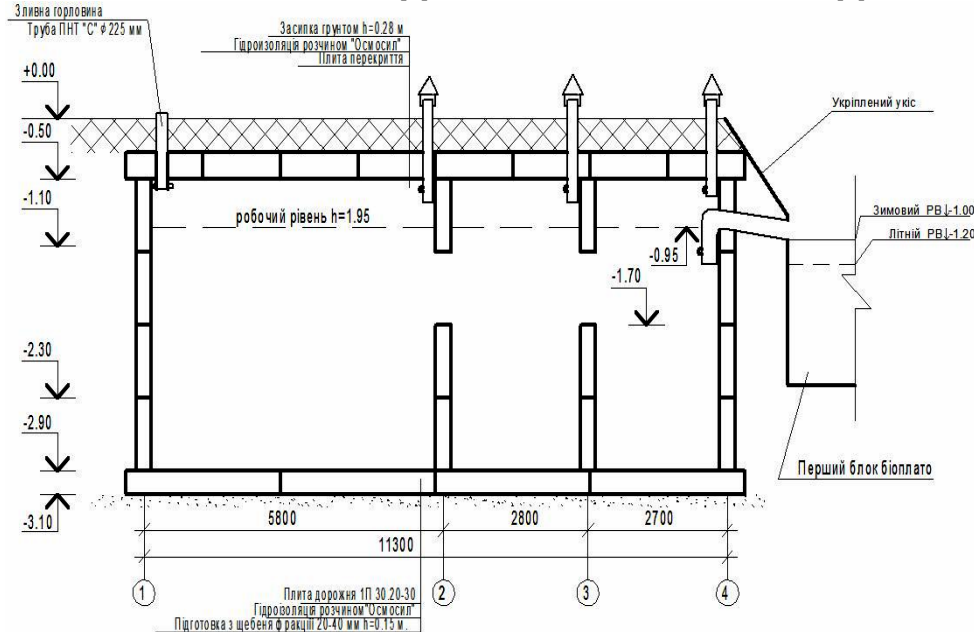


Рис. 2. Конструкція септика

Розрахунок мулових майданчиків здійснюється згідно з п.6.391 СНиП 2.04.03-85 [6]. Після підсушування на муловому майданчику осад може використовуватися як органічне добриво (при отриманні відповідного дозволу органів держсаннагляду), або вивозитися на звалище ПТВ.

Площа одного блоку біологічного очищення (див. рис. 1) розраховується в залежності від пропускної спроможності очисних споруд. По блокам біоплато стічна вода проходять самопливом, всі блоки по дну можуть мати однакову проектну відмітку, або ступінчасте зниження (в залежності від рельєфу місцевості). Об'єм блоків розраховується таким чином, щоб тривалість перебування стічних вод становила не менше 10 – 12 діб. По дну всіх блоків (крім фільтраційного) влаштовується протифільтраційний екран з полімерної плівки (ГОСТ 10354-82), або інших матеріалів. Плівка укладається на підготовку з піску товщиною 0,1 м та виводиться на стінки плато на 0,5 м вище дна (по рівень засипки).

У перших трьох блоках протифільтраційний екран засипається шаром піску $h=0,25$ м та шаром ґрунту товщиною 0,25 м. Четвертий блок засипається шаром піску 0,5 м.

В четвертому блоці біоплато на дно вкладаються дрени, які покриваються фільтруючим матеріалом з нетканого полотна у 2 шари.

Очищена стічна вода при проходженні через фільтраційні блоки біоплато рівномірно розподіляється по їх поверхні і далі, попадаючи у фільтраційне плато, рухається у вертикальному напрямку через шар піску, після чого надходить до дрен відповідного колектору та надходить у регулюючий колодезь. Регулювання швидкості руху води в біоплато відбувається за рахунок засобів, які встановлюються в регулюючому колодеззі.

У зимовий період для безаварійного функціонування біоплато необхідно максимально зберігати температуру стічних вод як в самому біоплато,

БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ

так і в спорудах і комунікаціях в біоплато (у септику, колодязях і підвідних трубах). Споруда септика перекривається плитами та утеплюється шаром ґрунту. Захисний утеплювальний шар створюється на біоплато природним чином. Ним може бути відмерла суха рослинність, яка накопичується в біоплато з року в рік. Вона також акумулює сніг у блоці, обмежуючи природну конвекцію і знижуючи втрати тепла, що виникають за рахунок вимушеної тепловіддачі при дії вітру. Підтвердженням цьому є процеси, що відбуваються у природних болотах, в результаті яких вони не замерзають. Крім того, у фільтраційних блоках у зимовий час передбачається підняття рівня води до відмітки 0,7 м над фільтруючим шаром. При мінусових температурах атмосферного повітря у верхній частині водної товщі буде утворюватися шар льоду товщиною 0,05 – 0,1 м. Під льодом за рахунок процесів деструкції, що проходять з виділенням тепла, підтримуватиметься температура води не менше +5 °С, достатня для реалізації процесу біологічного очищення стоків.

Висновки. Біоінженерні споруди для очищення стічних вод малої продуктивності за типом біоплато можна застосовувати в різних кліматичних умовах України, на територіях, багатих на вищу водну рослинність.

Робота таких очисних споруд в період експлуатації не потребує великих витрат енергоносіїв, оскільки очищення стічних вод відбувається природним шляхом до визначеної санітарними нормами якості. В умовах зимового періоду експлуатація біоплато не вимагає значних технологічних змін.

Експлуатація біоінженерних споруд не складна. Для їх обслуговування можна залучати невелику кількість виробничого персоналу, тому їх запровадження дасть значну економію як будівельних, так і експлуатаційних витрат.

Література

1. Стольберг Ф.В. Экология города / Ф.В. Стольберг, В.Н. Ладыженский. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
2. Стольберг Ф.В. Биоплато – эффективная малозатратная экотехнология очистки сточных вод / Ф.В. Стольберг, В.Н. Ладыженский, А.И. Спирин // Экология довкілля та безпека життєдіяльності. – 2003. – №3. – С. 32–34.
3. Диренко А.А. Использование высших водных растений в практике очистки сточных вод и поверхностного стока / А.А. Диренко, Е.М. Коцарь // СОК (сантехніка, опалення, кондиціонування). – 2006. -№ 4. – С. 12 – 15.
4. Третьяков С.Ю. Эффективность методов биологической очистки сточных вод с использованием водной растительности / С.Ю. Третьяков, С.Е. Завалко // Экология – 2003. Тезисы молодежной международной конференции. – Архангельск: Изд-во Ин-та экол. пробл. Севера УрО РАН, 2003. – С. 128 – 129.
5. Ладыженский В.Н. Защита водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с территории полигонов ТБО / В.Н. Ладыженский, И.Е. Саратов // Сотрудничество для решения проблемы отходов : материалы 1-й конференции с международным участием (Харьков, 5–6 февр. 2004 г.). - Харьков: [б.и.], 2004.
6. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения : утв. Госстроем СССР 21.05.85 : взамен СНиП I-32-74 : дата введ. 01.01.86. - М.: [б. и.], 2003. - 88 с.

Надійшла 23.12.2012 р.