

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-7-71-32>

УДК 504.4.06(477.54):665.66

Крайнюков О.М.доктор географічних наук, доцент, професор
кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна**Кузьміна І.С.**магістр
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

ВИКОРИСТАННЯ СПОРУД БІОПЛАТО ЗАДЛЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД МАЛИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Анотація. Представлено результати визначення ефективності доочищення стічних вод малих населених пунктів за допомогою споруд біоплато (на прикладі с. Зорянське Шевченківського району). Шевченківський район є адміністративною одиницею, що знаходиться на сході центральної частини Харківської області України. На території села Зорянське було споруджено поверхнєве біоплато. Дана споруда являє собою заболочений ландшафт, що обладнаний штучними системами керування, тобто природна заболочена ділянка з вільним рухом води повз вищу водну рослинність. Для спорудження біоплато були використані природно заболочені ділянки біля ставка Беньківський, які мали невеликий нахил (до 0,005°) по дну задля постійного стоку вод. У результаті еколого-токсикологічної оцінки виявлено, що якість води покращується під час послідовного проходження складових комплексу, осінній та літній період характеризується повною детоксикацією стічних вод, адже на кінцевому етапі – ставок Беньківський, токсичність не виявляється. Недоліком функціонування біоплато у с. Зорянське є зниження ефективності у холодний період року. Зі зниженням температури уповільнюються біохімічні реакції, на кінцевому етапі стічні води виявляють токсичність, що негативно впливає на водну екосистему.

Ключові слова: біоплато, токсичність, detoxification, pollution, cleaning.

Krainsiukov Oleksii, Kuzmina Irina

V.N. Karazin Kharkiv National University

USE OF CONSTRUCTED WETLAND FOR WASTEWATER TREATMENT OF SMALL LOCATIONS

Summary. The results of determination of the efficiency of after-treatment of wastewater of small locations with the help of constructed wetland (by example of the village Zoryanske, Shevchenkivskiy District) are represented. Shevchenkivskiy District is an administrative unit, located in the east of the central part of Kharkiv Oblast (region) of Ukraine. Constructed wetland was built on the territory of the village Zoryanske. This structure is a marshy landscape, equipped with artificial control systems, that is, a natural swampy area with free movement of water past the higher aquatic vegetation. This construction is a marshy landscape, equipped with artificial control systems, in other words, it is a natural swampy area with free movement of water past the higher aquatic vegetation. For building of constructed wetland, naturally boggy areas near the pond Benkivskiy were used, which had a slight inclination (to 0,005°) along the bottom for the constant flow of water. During research, an experimental research program was prepared, which included information on the seasonality and sampling site, the characteristics that were set in the laboratory, the algorithm for their determination, the requirements for the conditions for obtaining results, the methods of statistical processing of the results. Sampling of wastewater from the structures of constructed wetland was carried out in different seasons and a series of experiments was conducted to determine the acute lethal toxicity at ceriodophia. The results of the determination of acute lethal toxicity are statistically verified. It is determined that the obtained empirical data are reliable, as there was no excessive error for all series. As a result of the ecotoxicological assessment, it was found that the quality of water improves during the successive passage of the complexes, the autumn and summer periods are characterized by complete detoxification of wastewater, because at the final stage - the pond Benkivskiy, where toxicity is not detected. The disadvantage of the functioning of constructed wetland in the village Zoryanske is a decrease of efficiency in the cold season. As the temperature decreases, biochemical reactions are slowed down; at the final stage, wastewater exhibits toxicity, which adversely affects the aquatic ecosystem.

Keywords: wetland, toxicity, chemical enterprise, pollution, taxes.

Постановка проблеми. Актуальним питанням сьогодення є екологічний стан поверхневих водних об'єктів, адже якість води – це визначальна умова санітарного і епідемічного благополуччя населення. Належний екологічний стан водних екосистем є проблемою для усіх

регіонів України, бо приблизно 90% поверхневих вод відчувають антропогенне навантаження, через забруднення, виснаження та деградацію цих об'єктів [1].

Процес будівництва і експлуатації традиційних очисних комплексів є енергоємним.

Практично неможливе їх результативне використання у малих населених пунктах, адже витрати стічних вод там є незначними. Дане явище пояснюється характерною ознакою очисних комплексів у селищах міського типу, яка пов'язана з відсутністю централізованого водовідведення стоків та доставкою їх спецмашинами на очисні споруди. Більшість малих населених пунктів України зовсім не забезпечені очисними спорудами або перебувають у кризовому стані і не експлуатуються. Тому неочищені стічні води з переповнених каналізаційних колодязів потрапляють прямо у відкриті водойми. Через це більшість водних екосистем перебуває у незадовільному стані, а проблема очищення стічних вод набуває ще більшого поширення. Тому використання споруд природного очищення з маловитратними експлуатаційними показниками при малих витратах на сьогодні є надзвичайно актуальним [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У Німеччині ще у 1953 р. було описано підвищену здатність очерету видаляти деякі органічні і неорганічні речовини, а далі виявлено, що під час очищення стічних вод зникають патогенні бактерії. Також визначено, що вищі водні рослини здатні видаляти важкі метали. Це дало можливість ввести в експлуатацію очисні споруди типу «Maхplanck insititute-process», що складаються з 4 або 5 ступенів очищення, кожна з яких включає декілька послідовних і паралельних ставків [3].

У 1965 р. Kickuth ґрунтуючись на своїх дослідженнях створив технологію «методу кореневих зон». Споруда являла собою декілька прямокутних ставків з очеретом, в прикореневих зонах яких утворюються численні аеробні і анаеробні зони. Коли стічні води протікали через ці зони, здійснювалося розкладання органічних забруднювачів, видалявся азот, а фосфор та кальцій осідали на дно. У 1974 р. у Німеччині було створено перше сучасне інфільтраційне спорудження очищення стічних вод типу біоплато на основі методу кореневих зон [4].

Нині існує більш 2500 біоплато у різних країнах світу. Популярності біоплато набули у Європі, Америці. У Данії, Німеччині, Англії діє більше 200 споруд біоплато. У США в період 1988-1993 рр. побудовано кілька сотень споруд та спеціально розроблені технологічні регламенти очищення стічних вод для спорудження типу біоплато «Constructed wetland» [5].

Технологія біоплато заснована на природних процесах, що властиві водним рослинам. Вищі водні рослини є одним із широко використовуваних об'єктів біотехнологій. Результативність

у сприятливих умовах біотехнологій на багатьох об'єктах відображена у роботі [6], теоретичні та практичні проблеми застосування біоплато для очистки стічних вод розглянуто у роботі [7].

Мета статті – визначити ефективність доочищення стічних вод малих населених пунктів за допомогою споруд біоплато (на прикладі с. Зорянське Шевченківського району).

Виклад основного матеріалу. Шевченківський район є адміністративною одиницею, що знаходиться на сході центральної частини Харківської області України. Процца району складає – 977 км². Адміністративний центр – селище міського типу Шевченково. До адміністративного центру примикає село Зорянське, де у 1997 р. було споруджено комплекс очисних споруд з метою очищення стічних вод. Чисельність населення – 340 чоловік [8].

У кінці XIX сторіччя набирала актуальності проблема забруднення водних об'єктів у районі. Це було пов'язано з щорічним збільшенням стічних вод та невідповідністю потужностей існуючих мереж очисних споруд. А пізніше – з їх відсутністю, адже очисні споруди вийшли з ладу в процесі їхньої експлуатації. Стічні води без очищення з переповнених каналізаційних колодязів направлялися до відкритих водойм. Через це багато водних об'єктів опинилися в незадовільному стані, а вирішення проблеми очищення стічних вод отримало високий пріоритет.

На території села Зорянське було споруджено поверхневе біоплато.

Дана споруда являє собою заболочений ландшафт, що обладнано штучними системами керування, тобто природна заболочена ділянка з вільним рухом води повз вищу водну рослинність.

Для спорудження біоплато були використані природно заболочені ділянки біля ставка Беньківський, які мали невеликий нахил (до 0,005°) по дну задля постійного стоку вод. Дно споруди було засаджено місцевою водною рослинністю – очеретом звичайним (*Phragmites communis*), рогозом широколистим (*Typha latifolia*), комишом лісовим (*Scirpus sylvaticus*) та ін.

Кількість блоків біоплато визначалася відповідно до рельєфу місцевості таким чином, щоб ухил дна біоплато не перевищував 0,005° і забезпечував природний перетік стічної води з одного блоку на інший, розташованих каскадом. Отже, до складу комплексу очисних споруд біоплато увійшов відстійник-усереднювач та 4 блоки біоплато, розташованих послідовно один за іншим. Відведення вод здійснюється у місцевий ставок. На рисунку 1 приведена схематична конструкція споруд біоплато селища Зорянське.

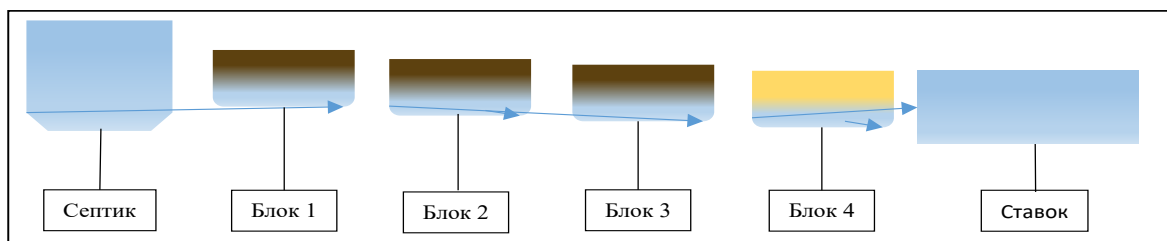


Рис. 1. Схематична конструкція споруд біоплато селища Зорянське

Джерело: розроблено автором

Очищення у даній споруді здійснюється таким чином. Від каналізаційної насосної станції стічні води подаються до септика. Септик являє собою відстійник, де забруднення стічних вод осідають та піддаються процесам перетворення. Через це одна частина забруднень, питома вага у яких менша, ніж вага води, підіймається, а інша, питома вага якої більше, ніж води, осідає.

Очищення відбувається за сприянням бактерій, що населяють стічні води у результаті природних процесів.

Отже, у септику здійснюється розкладання органічної частини забруднень стічних вод, а також осідають механічні домішки. Води стають більш світлими та дезодоруються.

Далі стоки самопливом направляються по водовідвідній трубі до блоків біологічного очищення.

Фільтр сприяє видаленню дрібних часточок, які залишилися після проходження відстійника-усереднювача.

Мікроорганізми біоплівки, перифітона і детриту забезпечують деструкцію органічних речовин, включаючи нафтопродукти. Водорості і коренева система вищої водної рослинності поглинають сполуки азоту і фосфору, розчинені мінеральні речовини, іони металів з утворенням нерозчинних комплексних сполук.

Спільноти грибкових мікроорганізмів, що розвиваються у детриті, виділяють в воду токсини типу пеніциліну, які вбивають хвороботворні мікроби, забезпечуючи тим самим незараження води.

Сумарний час проходження води, що очищається через споруди біоплато становить від 4 до 10 діб.

Перші три болоки типові, а останній вважається фільтраційним, адже у ньому стоки проходять повз шар піску $h = 0,5$ м. Далі води надходять по дренам до ставку.

У жовтні 2017 р було здійснено відбір зразків стічних вод з усіх складових споруди біоплато (септик, блок 1-4, ставок Беньківський). Місця відбору зразків зображено на рис. 2.

Лабораторний етап дослідження полягав у проведенні біотестування відібраних проб води. Використовувалася методика біотестування для визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg [9; 10].

Отже, у осінній період було проаналізовано 6 зразків стічних вод з біоплато, що розташовано у селищі Зорянське.

Підсумок біологічного тестування водних розчинів з використанням методики на періодафніях наведено у табл. 1.



Умовні позначення:

- 1 – проба, септик»; 2 – проба, блок 1; 3 – проба, блок 2; 4 – проба, блок 3;
5 – проба, блок 4; 6 – проба, ставок Беньківський.

Рис. 2. Розташування місць відбору зразків стічних вод у селищі Зорянське

Джерело: розроблено автором

Таблиця 1

Результати біотестування проб води, які було відібрано у жовтні 2017 р.

№ з/п	Місце відбору проб	Дата відбору проб	Визначення гострої летальної токсичності	
			Рівень гострої летальної токсичності, ОТг	Клас токсичності. Ступінь токсичності
1	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., септик №1	23.10.2017	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 8,00	IV Високотоксична
2	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., блок №1	23.10.2017	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 4,13	III Середньотоксична
3	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., блок №2	23.10.2017	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 2,69	II Слаботоксична
4	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., блок №3	23.10.2017	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 1,82	II Слаботоксична
5	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., блок №4	23.10.2017	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 1,41	II Слаботоксична
6	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., ставок	23.10.2017	Проба води не виявляє гострої летальної токсичності, 0,50	I Нетоксична

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці, серед 6 проб води 5 виявили токсичність. При цьому у пробі води, яку було відібрано у першому ставку біоплато токсичність є гострою летальною, а у шостому вода не виявляє токсичність.

Графічно зображені дані рівнів токсичності проб стічних вод зі складових біоплато у осінній період (рис. 3).

Як видно з рисунку, після проходження септику рівень токсичності зменшується майже вдвічі. У відстійнику відбувається осадження забруднень та перетворення бактеріями стічних вод. На етапі відведення стічних вод у ставок Беньківський токсичність не виявляється.

Отже, експеримент показав, що на кінцевому етапі очищення в межах біоплато проби води не виявляють гостру летальну токсичність, що

свідчить про результативність біотехнології, як методу очищення стічних вод та захисту водних об'єктів від забруднення.

У січні 2018 р було здійснено повторний відбір проб стічних вод з усіх складових споруди біоплато (септик, блок 1-4, ставок Беньківський).

Підсумок біологічного тестування водних розчинів з використанням методики на періодафніях наведено у табл. 2.

Як видно з таблиці, усі проби води виявили токсичність. При цьому проба води, яку було відібрано на кінцевому етапі (зі ставка Беньківський), має III клас токсичності.

Графічно зображені дані рівнів токсичності проб стічних вод зі складових біоплато у зимовий період (рис. 4).

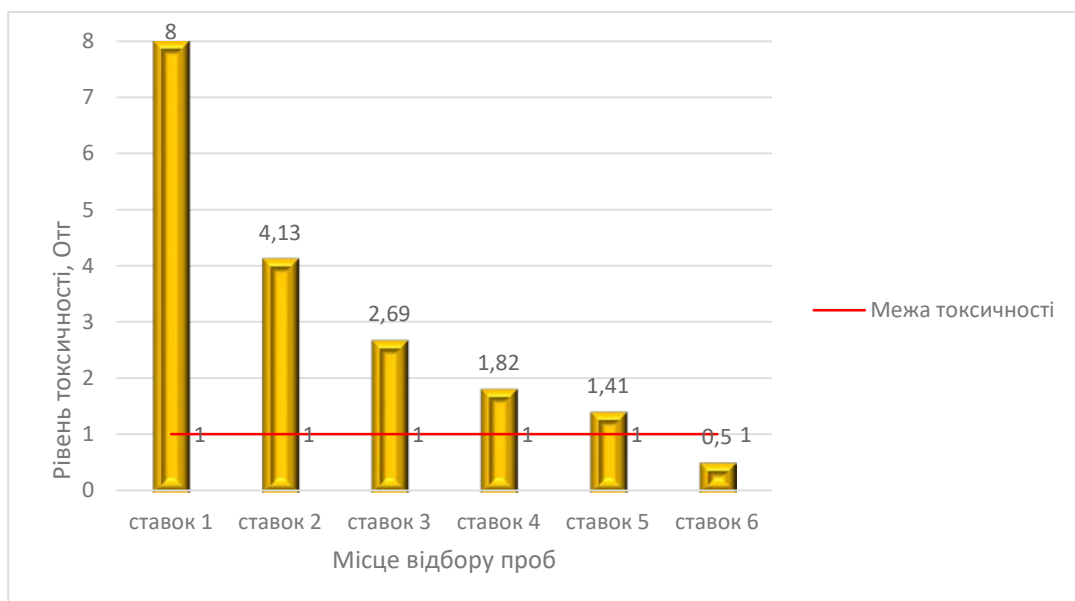


Рис. 3. Динаміка рівнів токсичності проб вод зі складових біоплато у осінній період

Джерело: розроблено автором

Таблиця 2

Результати біотестування проб води, які було відібрано у січні 2018 р.

№ з/п	Місце відбору проб	Дата відбору проб	Визначення гострої летальної токсичності	
			Рівень гострої летальної токсичності, ОТг	Клас токсичності. Ступінь токсичності
1	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., септик №1	13.01.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 8,00	IV Високотоксична
2	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., блок №1	13.01.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 5,69	IV Високотоксична
3	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., блок №2	13.01.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 5,00	III Середньотоксична
4	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., блок №3	13.01.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 4,82	III Середньотоксична
5	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., блок №4	13.01.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 3,61	III Середньотоксична
6	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., ставок №6	13.01.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 3,10	III Середньотоксична

Джерело: розроблено автором

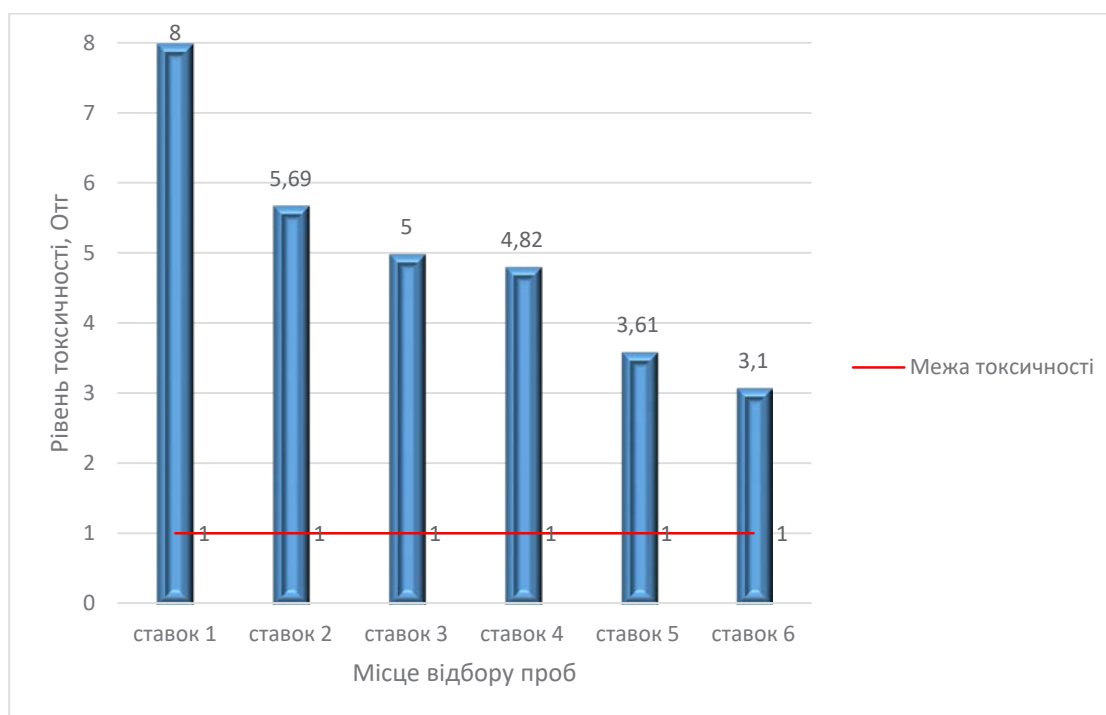


Рис. 4. Динаміка рівнів токсичності проб стічних вод зі складових біоплато у зимовий період

Джерело: розроблено автором

Як видно з рисунку, експеримент показав, що на кінцевому етапі очищення в межах біоплато проба води є токсичною, що свідчить про низьку результативність біотехнології, як методу очищення стічних вод та захисту водних об'єктів від забруднення у зимовий період.

Даний факт можна пов'язати з недоліками біоплато з відкритим потоком води. Експлуатація біоплато не буде викликати проблем при зниженні температури повітря до -10°C , якщо території буде характерна зима з великою кількістю твердих опадів. У той же час, на територіях з малосніжною зимою викорис-

тання біоплато для очистки стічних вод може стати неможливим навіть при незначних заморозках. У зимовий сезон року значно (до 5 разів) знижується швидкість біохімічних процесів, що забезпечують очистку води, а, отже, знижується ефективність біоплато, як очисної споруди [5].

У червні 2018 р було здійснено ще один відбір проб стічних вод з усіх складових споруди біоплато (септик, блок 1-4, ставок Беньківський).

Підсумок біологічного тестування водних розчинів з використанням методики на церіодафніях наведено у табл. 3.

Результати біотестування проб води, які було відібрано в квітні 2018 р.

№ з/п	Місце відбору проб	Дата відбору проб	Визначення гострої летальної токсичності	
			Рівень гострої летальної токсичності, ОТг	Клас токсичності. Ступінь токсичності
1	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., ставок №1	17.06.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 9,10	IV Високотоксична
2	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., ставок №2	17.06.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 4,69	III Середньотоксична
3	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., ставок №3	17.06.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 3,20	III Середньотоксична
4	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., ставок №4	17.06.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 3,00	II Слаботоксична
5	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., ставок №5	17.06.2018	Проба води виявляє гостру летальну токсичність, 1,41	II Слаботоксична
6	с. Зорянське, Шевченківський р-н Харківської обл., ставок №6	17.06.2018	Проба води не виявляє гострої летальної токсичності, 0,5	I Нетоксична

Джерело: розроблено автором

Отже, з таблиці видно, що проходячи повз складові біоплато, стічні води зменшують токсичність і на кінцевому етапі (ставок Беньківський) не виявляють токсичність, що свідчить про ефективність використання даної споруди у літній період року.

Графічно зображені дані рівнів токсичності проб стічних вод зі складових біоплато у літній період (рис. 5).

Отже, як видно з рисунку, показник токсичності значно зменшується після проходження септику. На блоках 1-4 летальна токсичність змінюється від значення 4,69 ОТг (III Клас токсич-

ності) до 1,41 ОТг (II Клас токсичності). На кінцевому етапі рівень токсичності складає 0,5 ОТг (I Клас токсичності), тобто проба води не виявляють гостру летальну токсичність.

Графічно зображені дані щодо класів токсичності проб стічних вод у різні сезони (рис. 6).

З рисунку видно, що найвища ефективність біоплато у осінній та літній період року, адже токсичність стічних вод знижується до 1 класу – нетоксична. Найнижча ефективність зафіксована у зимовий період року, токсичність на кінцевому етапі відповідає 3 класу – середньотоксична. Дане явище можливо пояснити

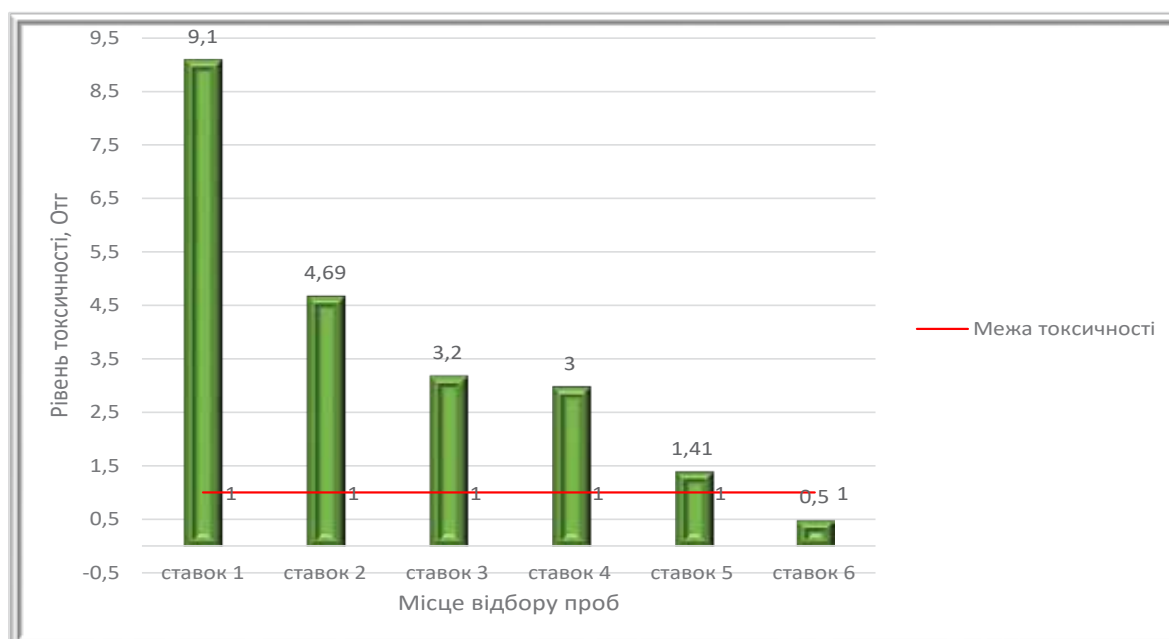


Рис. 5. Динаміка рівнів токсичності проб стічних вод зі складових біоплато у літній період

Джерело: розроблено автором

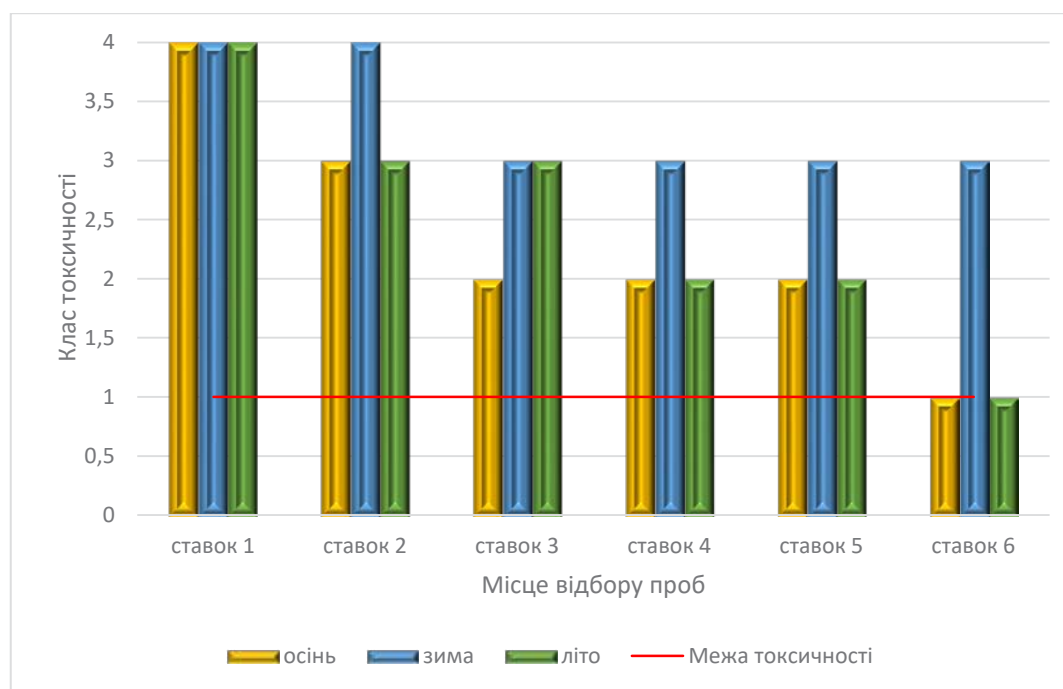


Рис. 6. Класи токсичності зразків стічних вод у різні сезони

Джерело: розроблено автором

недоліками роботи споруд біоплато у зимовий період року, адже зі зниженням температур знижується і життєва активність водної рослинності та бактерій – основної складової споруд.

Висновки. У результаті еколого-токсикологічної оцінки виявлено, що якість води покращується під час послідовного проходження складових комплексу, осінній та літній період

характеризується повною детоксикацією стічних вод, адже на кінцевому етапі – ставок Беньківський, токсичність не виявляється.

Недоліком функціонування біоплато у с. Зорянське є зниження ефективності у холодний період року. Зі зниженням температури уповільнюються біохімічні реакції, на кінцевому етапі стічні води виявляють токсичність, що негативно впливає на водну екосистему.

Список літератури:

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2016 році. 2017. URL: <https://menr.gov.ua/news/31778.html> (дата звернення: 20.06.2018).
2. Орловский З.А. Биоплато для очистки сточных вод. *Вестник Киевского национального университета строительства и архитектуры*. 2011. URL: <http://nbuv.gov.ua/node/554>. (дата звернення: 19.07.2018).
3. Бодик И.Д. Фиторемедиация как единственный экономически целесообразный путь очистки бытовых сточных вод в неканализованной местности Украины. *Научный вестник строительства*. 2014. С. 122–124.
4. Seidel K. Abbsu von bacterium coli wasseIpflanzen. *Naturwiss*. 1964. V. 51. P. 395–404.
5. Seidel K. Reinigung von Gewassern dutch hohrre pflanze. *Naturwiss*. 1965. V. 53. P. 289–297.
6. Feng Peiyong, Chen Zhaoping Jing Yuanxiao Review on constructed wetland and iits mechanisms of wastewater treatment. *Ecological Science*. 2002. V.21, № 2. P. 264–268.
7. Завацький С.В. Біоінженерні споруди для очищення стічних вод малої продуктивності. *Чернігівський науковий часопис*. 2012. №1. С. 57–63.
8. Маджд С.М. Досвід експлуатації гідрофітних споруд в Україні та світі. *Наукоємні технології*. 2016. № 2. С. 228–231.
9. С. Зорянське, Харківська область, Шевченківський район. URL: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/z7503/A005?rdat1=09.06.2009&rf7571=34194> (дата звернення: 12.06.2018).
10. КНД 211.1.4.056-97. Методика визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. Київ : Мінприроди України, 1997. 25 с.
11. Крайнюков О.М. Метрологічне забезпечення оцінки токсичності води методом біотестування. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. №1, 2. С. 45–49.

References:

1. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine (2017). *Dopovid' ppo stan navkolyshn'oho ppyopodnoho sepedovyshcha v Kharkiv's'kiy oblasti u 2016 potsi* [Dopovid the camp of the navolishnogo natural secondary in Kharkiv region in 2016 year], Kyiv. (in Ukrainian)
2. Orlovsky Z.A. (2011). Bioplato dlya ochestki stochnykh vod [Bioplato for wastewater treatment]. *Vestnik Kiyevskogo natsional'nogo universiteta stroitel'stva i arkhitektury* [Bulletin of the Kiev National University of Construction and Architecture] (electronic journal), Available at: <http://nbuv.gov.ua/node/554> (accessed 19 July 2018). (in Russian)
3. Bodik I.D. (2014). Fitoremediatsiya kak yedinstvennyy ekonomicheskii tselesoobraznyy put' ochestki bytovykh stochnykh vod v nekanalizovannoy mestnosti Ukrainy [Phytoremediation as the only economically feasible way to

- purify domestic wastewater in non-canalized areas of Ukraine]. *Scientific Herald of Construction*, vol. 1, pp. 122–124. (in Russian)
4. Seidel K. (1964). Abbsu von bacterium coli wasselplanzen. *Naturwiss.* vol. 51, pp. 395-404.
 5. Seidel K. (1965). Reingung von Gewassern dutch hohrre pflanze. *Naturwiss.* v. 53, pp. 289–297.
 6. Feng Peiyong, Chen Zhaoping, Jing Yuanxiao (2002) Review on constructed wetland and iits mechanisms of wastewater treatment. *Ecological Science*, vol. 21, № 2. pp. 264–268.
 7. Zavatsky S.V. (2012). Bioinzhenerni sporudy dlya ochyshchennya stichnykh vod maloyi produktyvnosti [Bioengineering structures for low-waste sewage treatment]. *Chernihiv Scientific Journal*, no 1, pp. 57–63.
 8. Majd S.M. (2016). Dosvid ekspluatatsiyi hidrofitnykh sporud v Ukrayini ta sviti [Experience in exploiting hydrophilic structures in Ukraine and in the world] *Knowledge-based technologies*, no 2, pp. 228–231.
 9. S. Zoryans'ke, Kharkivs'ka oblast', Shevchenkivs'kyy rayon [S. Zoryansky, Kharkiv region, Shevchenkivsky district] (2013). Available at: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/z7503/A005?rdat1=09.06.2009&rf7571=34194>. (accessed 12 June 2018). (in Ukrainian)
 10. КНД 211.1.4.056-97 (1997). Method of determination of acute lethal toxicity of water on crustacean Ceriodaphnia affinis Lilljeborg. Kiev. Ministry of Environment of Ukraine, 25 p. (in Ukrainian)
 11. Krainiukov O.N. (2012). Metrolohichne zabezpechennya otsinky toksychnosti vody metodom biotestuvannya [Metrological assurance of assessment of water toxicity by biotesting method]. *Man and the environment. Problems of neoecology*, no 1, 2, pp. 45–49. (in Ukrainian)