

УДК 628.3.034.2:628.1

ГІДРОБІОЦЕНОЗ ШТУЧНОГО ВОЛОКНИСТОГО НОСІЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ

Домбровський К.О., к.б.н., доцент, Югріна А.М., магістрант

Запорізький національний університет України, 69600, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66dombrov1717@ukr.net, anna.yugrina@zaporizhstal.com

Мета – визначення доцільності використання гідробіоценозу штучного волокнистого носія в технології очищення промислових стоків, зокрема вивчення ефективності очищення та можливості покращення якості виробничо-зливових стічних вод за допомогою іммобілізованих гідробіонтів на волокнистому носіїв типу «ВІА» з метою збереження гомеостазу та цілісності навколишнього середовища.

Методи. Використовували загальновідомі традиційні методи якісного та кількісного відбору гідробіологічних проб, мікроскопічної обробки, аналізу і математичної обробки первинного матеріалу.

Результати та висновки. В процесі дослідження був визначений видовий склад біоценозу обростання використаного волокнистого носія, отримані результати процесу очищення стічних вод при використанні волокнистого носія типу «ВІА». Щодо гідрохімічних показників досліджуваної води, після очищення зливових стічних вод при використанні волокнистого носія типу «ВІА» зменшувались наступні показники: нафтопродукти, азот амонійний, нітрити, інші показники залишились у межах допустимих концентрацій. Часткове збільшення таких показників як мінералізація, кальцій, магній пов'язане з тим, що впродовж 10 діб очищення води в умовах експериментальної установки, завдяки постійній аерації з емностей випаровувалося близько 100 - 200 мл води, що сприяло концентрації та накопиченню мінеральних речовин. Ефективність очищення зливових стічних вод від нафтопродуктів у продовж 48 - 96 годин становила 24,5 - 25%, а на 10 добу експерименту становила 30%. Концентрація амонійного азоту зменшилась на 87,5%, нітритів – на 97%. Відстежується динаміка найбільшої ефективності очищення досліджуваної води на 2 та 4 добу, що пов'язано із біорізноманіттям видового складу іммобілізованого гідробіоценозу та виїдання органічних та інших речовин у трофічному ланцюгу. Отримані результати можуть бути використані промисловими підприємствами для формування систем очистки промислових вод.

Ключові слова: гідробіоценоз, штучний волокнистий носій типу «Віа», біотехнологія, іммобілізація гідробіонтів.

ГИДРОБИОЦЕНОЗ ИСККУСТВЕННОЙ ВОЛОКНИСТОЙ НАСАДКИ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ

Домбровский К.О., Югрин А.Н.

Запорожский национальный университет, Украина, 69600, г. Запорожье, ул. Жуковского, 66

Цель – определение целесообразности использования гидробиоценоза искусственной волокнистой насадки в технологии очистки промышленных стоков, в частности изучение эффективности очистки и возможности улучшения качества производственно-ливневых сточных вод с помощью иммобилизованных гидробионтов на волокнистой насадке типа «ВІА» с целью сохранения гомеостазу и целостности окружающей среды.

Результаты и выводы. В процессе исследования был определен видовой состав биоценоза обрастания использованного волокнистого носителя, получены результаты процесса очистки сточных вод при использовании волокнистой насадки типа «ВІА». Полученные данные подтверждают эффективность использования искусственного волокна «ВІА» с иммобилизованными микроорганизмами и гидробионтами для очистки сточных вод ПАО «Запорожсталь». По гидрохимическим показателям исследуемой воды, после очистки сточных вод при использовании волокнистого носителя типа «Віа» уменьшались следующие показатели: нефтепродукты, азот аммонийный, нитриты, другие показатели остались в пределах допустимых концентраций. Частичное увеличение таких показателей как минерализация, кальций, магний связано с тем, что в течение 10 суток очистки воды в условиях экспериментальной установки, благодаря постоянной аэрации из емкостей испарялось около 100 - 200 мл воды, что способствовало концентрации и накоплению минеральных веществ. Эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов в течение 48 - 96 часов составляла 24,5 - 25%, а на 10 сутки эксперимента составляла 30%. Концентрация аммонийного азота уменьшилась на 87,5%, нитритов - на 97%. Отслеживается динамика наибольшей эффективности очистки исследуемой воды на 2 и 4 сутки, что связано с биоразнообразием видового состава иммобилизованного гидробиоценоза и выеданием

органических и других веществ в трофической цепи. Полученные результаты могут быть использованы промышленными предприятиями для формирования систем очистки промышленных вод.

Ключевые слова: гидробиоценоз, искусственный волокнистый носитель типа «ВИЯ», биотехнология, иммобилизация гидробионтов.

HYDROBIOCENOSIS FROM ARTIFICIAL FIBER MEDIUM TECHNOLOGY IN THE TREATMENT OF INDUSTRIAL EFFLUENTS

Domrovskiy K.O., c.b.s, associate professor, Yugrina A.N., Master's student,

Zaporizhzhya national university, Ukraine, 69600, Zaporizhzhya, Zhukovskogo Street 66

The object of the study was hydrobiocenosis from artificial fiber medium "VIA" such as in water treatment biotechnology.

The research was carried out on the basis of the off-site off-shore discharge system of PJSC "Zaporizhstal".

The aim of the study was to determine the feasibility of using hydrobiocenosis from artificial fiber medium technology in the treatment of industrial effluents, in particular the study of the effectiveness of treatment and the possibility of improving the quality of industrial wastewater using immobilized microflora on the fibrous medium "VIA" in order to maintain homeostasis and the integrity of the environment.

To achieve the goal, you must accomplish the following tasks:

- to establish the species composition of the biocenosis of the percolation of a fiber carrier of type VIIA in conditions of sewage treatment;
- to determine the number and similarity of species composition of biocenoses of fiber-bearing overgrowing in the process of sewage treatment;
- establish the degree of purification of industrial waste water through the use of biotechnology by hydrochemical indicators;
- calculate the possible economic effect of cleaning the industrial wastewater of the sludge storage facilities of PJSC "Zaporizhstal" with the help of a fiber carrier.

Efficiency of purification of industrial waste water of PJSC "Zaporizhstal" with the help of a fiber carrier of type VIIA was checked on an experimental installation. Primary immobilization of hydrobionts was carried out in a shrimp storage plant in a continuation of 16 days. Then, the fibrous carriers with immobilized organisms were transported to the laboratory, where the attachment was installed in an experimental plant for the treatment of sewage.

The species composition of the biocenosis of the obstruction of the fibrous carrier for the entire period of exposure in the installation was presented by 24 taxa belonging to five taxonomic groups. The largest number of species was found among infusoria (12 species), 6 species belonging to the copepods, 4 species belong to flagellate organisms, branchy crustaceans and rhizomes were represented in one species, respectively.

After immobilization of organisms on a fibrous carrier, biocenosis of overgrowing was presented by 5 taxa. The number of protozoa organisms was 11210 copies/ml. In the primary biocenosis also was a high number of plant organisms (diatom algae) - 97325 units/ml.

A day later, a solution (50 ml) of biocenosis of the filamentous river Mokra Moshkovka was added to the primary biocenosis of the growth of the fibrous carrier. The biocenose of filamentous algae of the river was represented by 11 species belonging to 5 taxonomic groups. Infusions were represented by 5 taxa, coliforms - 3 species, flagella - 2 species. Other taxonomic groups were presented in one form. The amount of biocenosis of the growth of filamentous algae was 5775 cc/ml.

On the tenth day of the experiment, the biocenosis of the fibrous growth of the fibrous carrier consisted of 5 taxa. The number of protozoa organisms was the lowest (680 copies / ml) for the entire period of sewage treatment.

The degree of resemblance of the species composition of the biocenoses to the growth of the fibrous carrier in the continuation of the experiment at the laboratory plant was low and fluctuated within the range of 0.13-0.44. The maximum value of the coefficient of similarity of the species composition of biocenoses (0.44) was established between the biocenosis of the fibrous growth of the carrier on the 2nd day of the experiment and the biocenose of the "VIA" type on the 4th day of the experiment. The coefficient of similarity of the biocenose of the filamentous algae and the biocenoses of the filamentous growth of the fibrous carrier on the 2nd and 4th day was 0.27, and then decreased for the seventh and tenth day and fluctuated in the range of 0.10-0.11.

Often, in the biocenosis of the fibrous growth of the fibrous carrier, in the course of the entire study period, two taxa - *U. nigricans* and *Am. pleurosigma* - were found among the simplest, which also had high mean numbers of 3963 cc / ml and 1530 cc/ml, respectively.

The species composition of the invertebral uplift of the fibrous carrier of the shampoos of the plant in 2017 was represented by 16 taxa belonging to three taxonomic groups. The largest number of species was found among infusoriae (14 species), dwarf tuberous crustaceans and coliforms were presented in one form.

Constantly, as part of the zoocenosis of the growth of a fibrous carrier in the autumn period, there was one type of infuzoria - *Stentor roeseli*. Of the multicellular organisms among the invertebrates, *Rotaria rotatoria rotatoria* was the most commonly encountered.

Regarding the hydrochemical parameters of the water under investigation, after the treatment of storm sewage using a fiber carrier of type "VIA", the following indicators were reduced: petroleum products, ammonium nitrogen, nitrites, and other indicators remained within the limits of permissible concentrations. Partial increase of such indicators as mineralization, calcium, magnesium due to the fact that during 10 days of purification of water in the experimental installation, due to constant aeration of containers evaporated about 100 - 200 ml of water, which contributed to the concentration and accumulation of minerals.

Efficiency of cleaning of storm sewage from petroleum products in the course of 48 - 96 hours was 24.5 - 25%, and at 10 days of the experiment was 30%. The concentration of ammonium nitrogen decreased by 87.5%, nitrites - by 97%. The dynamics of the most effective purification of the water under investigation for the 2nd and 4th day is observed, which is connected with the biodiversity of the species composition of the immobilized hydrobiocenosis and the release of organic and other substances in the trophic chain.

The cost of an artificial fibrous carrier and the necessary design for fixing it in 2016 was 400 UAH / m², and in 2017 it is 1,500 UAH / m². For effective use, about 100 m².

In the case of the proposed technological design, and subject to a decrease in the concentration of the above substances, the amount of environmental tax payment according to the economic indicators of the Tax Code of Ukraine in 2016 decreases by UAH 564954.94.

According to the economic indicators of the Tax Code of Ukraine in 2017, the amount of environmental tax payment is reduced by UAH 632,749.29, respectively, the economic effect is conditionally UAH 482749.29 per year and UAH 632749.29 for each subsequent year.

The obtained data confirm the efficiency of the use of artificial fibers "VIA" with immobilized microorganisms and hydrobionts for purification of industrial sewage outside the site slurry removal plant at PJSC "Zaporizhstal" on some of the studied indicators.

Key words: hydrobiocenosis, artificial fiber medium "VIA", biotechnology, microorganisms immobilization.

ВСТУП

Очищення стічних вод проводиться хімічними, фізичними та електрохімічними способами, технологія яких трудомістка, потребує великих матеріальних витрат та не завжди забезпечує високий ступінь очищення. Проте останні 70 років в Україні простежується поступове впровадження в технологію очистки води, зокрема промислових зливово-стічних вод, біологічних, біохімічних та біофізичних методів, використання яких є більш доцільним з екологічної та економічної точки зору.

Актуальність обраної теми дослідження пов'язана із тим, що аналіз біологічних методів очищення промислових вод показав перевагу технологій із використанням іммобілізованої мікрофлори на штучних волокнистих носіях, що пояснюється можливістю досягнення надзвичайно високої концентрації клітин на одиниці поверхні носія; посиленням процесу масообміну між газовою і рідкою фазами в реакторі; підвищенням швидкості окиснення відходів у 2–3 рази; легкістю поділу клітин і рідини, що очищується [1].

Для біологічного очищення води від токсичних речовин – патогенів на базі відділу мікробіології води Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України було створено носій з ультратонкого хімічного гладкого й текстурованого волокна, що забезпечує бездоганний масообмін і відмінну перманентну регенерацію носія, на якому розвивається біоплівка мікроорганізмів-деструкторів. Дослідженням біоценозу перифітонних

обростань волокнистого носія типу «ВІЯ» займалися Глоба Л.І., Гвоздяк П.І., Загорна Н.Б., Подорван Н.І. [2-3].

При застосуванні біологічних методів очищення води стало цілком очевидним, що за допомогою спеціально підібраних селекціонованих мікроорганізмів можна очищати будь-яку стічну воду, забруднену навіть розчиненими в ній синтетичними сполуками. При використанні окремих штамів бактерій для очищення води необхідно забезпечити їх утримання в очисних спорудах та не допустити, щоб вони виносилися, вимивалися безперервним потоком води, що очищається. Для цього треба прикріплювати ці бактерії на нерозчинних у воді субстратах (насадках). Виходячи з цього, об'єктом дослідження виступає гідробіоценоз штучних волокнистих носіїв в технології очищення води, а предметом – використанням іммобілізованих гідробіонтів на штучних волокнистих носіях задля підвищення ефективності біологічних методів очищення стічних вод.

Новизна роботи обумовлена тим, що на території України біоценоз перифітонних обростань волокнистого носія типу «ВІЯ» є недостатньо вивченим. Існує лише декілька публікацій, у яких перелічені найпростіші та інші гідробіонти забруднених природних вод та очисних споруд, де для їх іммобілізації використовували волокнистий носій типу «ВІЯ».

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження ефективності очищення та можливості покращення якості виробничо-зливових стічних вод проводилося на базі комплексу позамайданчикowego шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь» (рис. 1). До складу комплексу входять: водозбірна ємкість на балці Капустянка; шламонакопичувач на балці Городисська, система гідротранспорту.

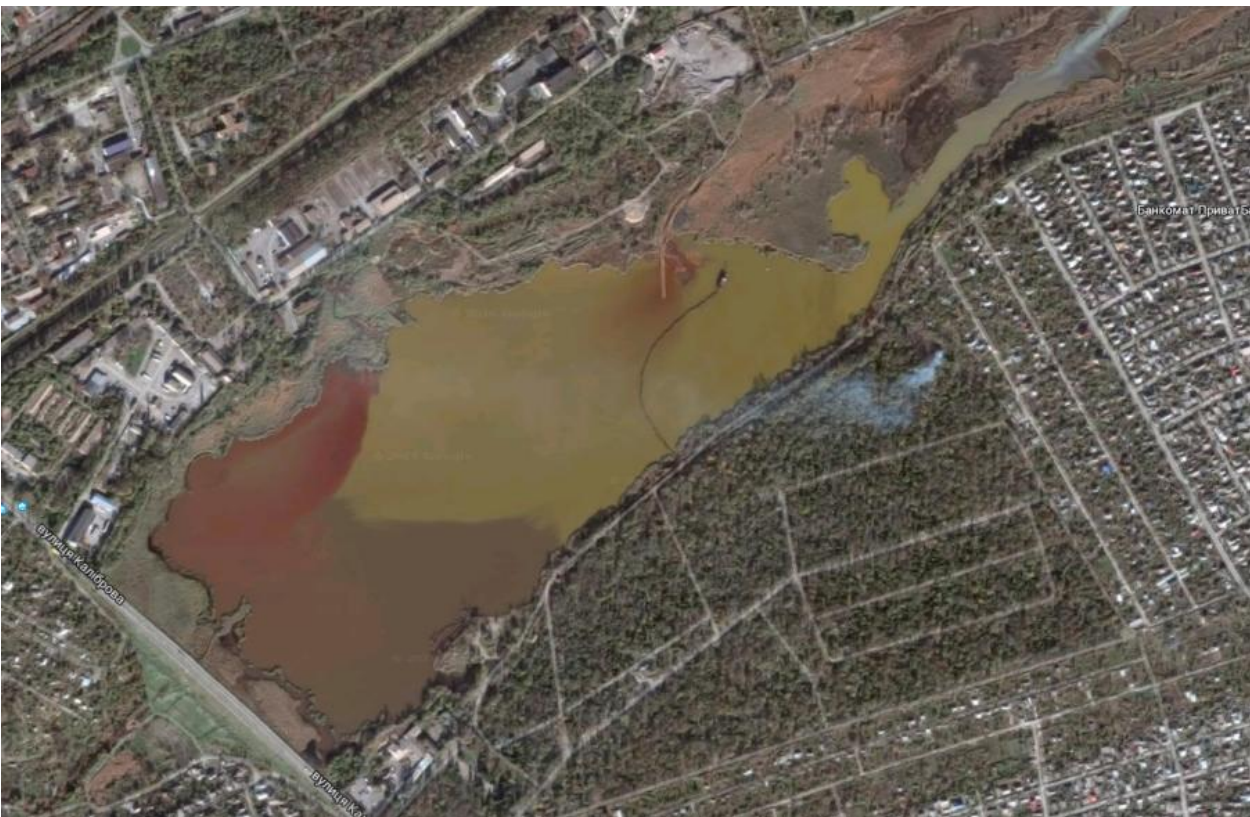


Рисунок 1 – Комплекс позамайданчикowego шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь»

Технологічна схема комплексу поза майданчикowego шламовидалення являє собою наступну систему: промислові стоки по індивідуальних колекторах потрапляють в водозбірну ємкість на балці Капустянка, де освітлюються та усереднюються. Земснарядом по системі

гідротранспорту шламів відкладення перекачуються в шламонакопичувач на балці Городиська для постійного розміщення шламових відкладень й освітлення води. З шламонакопичувача на балці Городиська освітлена вода плавкими насосними станціями по водоводу освітленої води подається в водозбірну ємкість на балці Капустянка, скидається в нижній б'єф та далі в р. Дніпро.

Водозбірна ємкість на балці Капустянка введена в експлуатацію в 1956 році. Водозбірна ємкість знаходиться в межах міської забудови. Вказана водозбірна ємність – ліва притока р. Дніпро та впадає в неї нижче ДніпроГЕСу. Середній уклін балки Капустянка становить 0,006, схили асиметричні, правий берег має більший ухил й розмежований системою балок та ярів. Санітарна зона навколо водозбірної ємкості становить 66 м. В гідрогеологічному відношенні район водозбірної ємкості на балці Капустянка характеризується наявністю ґрунтових вод, агресивних по відношенню до бетону.

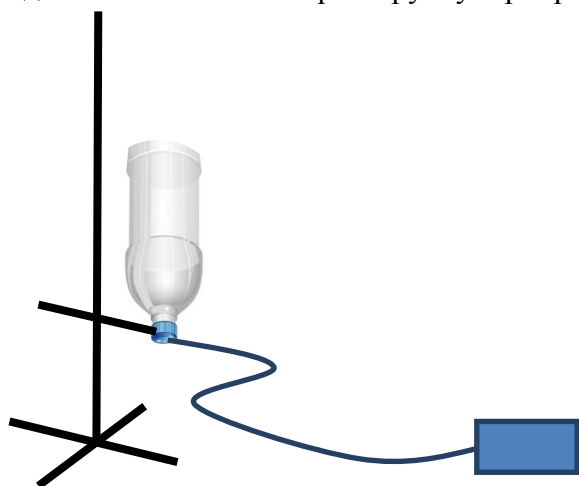
Основні технічні показники водозбірної ємкості:

- 1) клас капітальності споруди – II;
- 2) нормальний підпірний рівень – 62 м;
- 3) рівень мертвого об'єму – 62 м;
- 4) максимальний підпірний рівень – 63,5 м;
- 5) об'єм водозбірної ємкості при НПП – 10,55 млн. м³;
- 6) площа дзеркала водозбірної ємкості при НПП – 48,2 га.

В товщу води водозбірної ємкості було встановлено рамку із розміщеним на неї волокном «ВІЯ», плотик розміщався таким чином, що волокно протягом 16 діб (2016 р.) та 30 діб (2017 р.) безперервно знаходилося в поверхневому шарі води, накопичуючи іммобілізовану мікрофауну гідробіонтів.

Експериментальна установка

По завершенню обростання волокнистого носія іммобілізованою мікрофлорою, матеріал було доставлено до лабораторії у відкритій посудині, де його було використано в саморуч виготовленій установці (рис. 2). Установка була виготовлена з метою проведення лабораторного експерименту очищення виробничо-зливових стічних вод комплексу поза майданчикове шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь» та складалася зі штативу, закріпленої на штативі PET-пляшки з обрізаним дном, в якій розміщався волокнистий носій, компресора, за допомогою якого через трубку прикріплену до нижньої частини пляшки відбувалася аерація.



- 1 – штатив;
- 2 – PET-пляшка;
- 3 – трубка аерації;
- 4 – компресор.

Рисунок 2 – Схема установки очищення виробничо-зливових стічних вод

В PET-пляшці розміщалося волокно з іммобілізованими гідробіонтами, до якого додавали 1 л води з водозбірної ємкості комплексу позамайданчикowego шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь» та безперервно аерували протягом заданого часу. На другу добу після початку експерименту до установки було додано 5 мл води з річки Мокра Московка, яка містила додатковий зооценоз. Вода відбиралася через 48, 96, 168, 192, 240 год., що дало змогу простежити поступове покращення якості досліджуваних виробничо-зливових стічних вод та ефективність використання штучного волокнистого носія типу «ВІА».

Дослідження хімічного складу води

Відібрану воду передавали для хімічного дослідження в лабораторію очисних споруд ПАТ «Запоріжсталь», де вода досліджувалася за такими показниками:

- 1) зважені речовини, мг/дм куб;
- 2) рН;
- 3) жорсткість, мг-екв/дм;
- 4) мінералізація, мг/дм куб;
- 5) Са, мг/дм куб;
- 6) Mg, мг/дм куб;
- 7) Фезагальний, мг/дм куб;
- 8) хлориди, мг/дм куб;
- 9) сульфати, мг/дм куб;
- 10) нафтопродукти, мг/дм куб;
- 11) NH₄⁺, мг/дм куб;
- 12) нітрити, мг/дм куб;
- 13) нітрати, мг/дм куб;
- 14) роданіди, мг/дм куб;
- 15) фосфати, мг/дм куб;
- 16) фториди, мг/дм куб.

Промислова стічна вода комплексу позамайданчикowego шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь» мала наступні гідрохімічні показники: зважені речовини - 14,2 мг/дм куб, рН – 7,87, жорсткість – 5,0 мг-екв/дм, мінералізація – 584,0 мг/дм куб, Са – 62,12 мг/дм куб, Mg – 23,1 мг/дм куб, Fe загальний – 0,41 мг/дм куб, хлориди – 89,34 мг/дм куб, сульфати – 174,89 мг/дм куб; нафтопродукти – 0,384 мг/дм куб, NH₄⁺ – 3,45 мг/дм куб, нітрити – 0,77 мг/дм куб, нітрати – 6,46 мг/дм куб, роданіди – 0,05 мг/дм куб, фосфати – 0,032 мг/дм куб, фториди – 0,44 мг/дм куб.

Усіх організмів біоценозу обростання вивчали в живому стані під мікроскопом «Біолам Р-14», при збільшенні 150-600 разів. Визначення видів проводили за визначниками та науковими працями. Чисельність організмів біоценозу обростання визначали методом відкаліброваної краплі в трьох повторях.

Вивчення структури домінування видів біоценозу обростання очисних споруд проводили за М. Еттль та вважали, що вид є евдомінантом, якщо його чисельність складала 32-100% від загальної, домінантом – 10-31,9%, субдомінантом – 3,2-9,9%. Трофічну структуру фауни інфузорій дослідженого біоценозу аналізували умовно за Праттом і Кернсом оскільки одну

специфічну групу інфузорій (міксотрофи) розглядали тотожною фототрофам. Подібність видового складу угруповань перифітонних організмів волокнистого носія типу «ВІЯ» досліджених очисних споруд визначали за допомогою коефіцієнта Серенсена. У роботі використовували систему Ciliophora дослідженого біоценозу перифітонного обростання волокнистого носія типу «ВІЯ» комплексу позамайданчикowego шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь» за Д. Лінном [4-5].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили методом обчислення середньої арифметичної, помилки середньої арифметичної, середнього квадратичного відхилення [6-7].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Ефективність очищення промислових стічних вод заводу ПАТ «Запоріжсталь» за допомогою волокнистого носія типу «ВІЯ» перевіряли на експериментальній установці. Первинну іммобілізацію мікроорганізмів та інших гідробіонтів на волокнистий носій проводили у шламонакопичувачі заводу у продовж 16 діб (2016 р.) та 30 діб (2017 р.). Потім волокнистий носій з іммобілізованими організмами вилучали із шламонакопичувача та транспортували до лабораторії кафедри загальної та прикладної екології і зоології ЗНУ де і встановлювали насадку в експериментальну установку для процесу очищення стічних вод.

Видовий склад біоценозу обростання волокнистого носія за весь період експозиції в установці в 2016 р. був представлений 24 таксонами, які належать до п'яти таксономічних груп (таблиця 1).

Таблиця 1 – Видовий склад біоценозу обростання волокнистого носія «ВІЯ» при очищенні промислових стічних вод на експериментальній установці (травень 2016 р.)

Таксони	Доба					
	Поч.	2-га	4-та	7-а	8-а	10-та
1	2	3	4	5	6	7
<i>Uronema nigricans</i> (Muller)	+	+	+			
<i>Epistylis epibioticum</i> Banina	+				+	
<i>Stylonchia mutilis</i> Ehrenberg		+	+			
<i>S. pustulata</i> Ehrenberg		+		+		
<i>Hemiphrys fusidens</i> Kachl		+	+			
<i>Glaucomas cintillans</i> Ehrenberg		+				
<i>Amphileptus pleurosigma</i> Stockes			+	+		
<i>Chilodonella uncinata</i> Ehrenberg			+			+
<i>Tetrahymena pyriformis</i> Ehrenberg			+			
<i>Opercularia microdiscum</i> Faur.-Frem.				+	+	
<i>Coleps hirtus</i> Nutzsch				+	+	
<i>Pseudokeronopsis rubra</i> Ehrenberg					+	
Всього (Ciliophora)	2	5	6	4	4	1
<i>Monas guttula</i> Ehrenberg			+			
<i>Ketablepharis notonectoides</i> Skuja			+			
<i>Euglena oxyuris</i> Schmarda						+
<i>Lithocolla globosa</i> Schulze						+
Всього (Mastigophora)	0	0	2	0	0	2
<i>Philodinaus paradoxus</i> (Murray)					+	
Всього (Rotatoria)	0	0	0	0	1	0
<i>Acanthocyclops venustus</i> (Nor. et Sc.)	+					
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus)	+			+		+
<i>D. bisetosus</i> (Rehberg)	+	+				

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>D. limnobioides</i> Kiefer		+				
<i>Megacyclops latipes</i> (Lowndes)		+	+		+	
<i>Cyclops abyssorum</i> Sars					+	+
<i>Nauplii</i>					+	
Всього (Copepoda)	3	3	1	1	2	2
<i>Chudorus sphaericus</i> (O.F. Muller)		+				
Всього (Cladocera)	0	1	0	0	0	0
Разом	5	9	9	5	7	5

Після іммобілізації організмів обростання (у шламонакопичувачі стічних вод) на волокнистий носій, біоценоз обростання спочатку був представлений 5 таксонами, серед яких 2 види інфузорій та 3 види веслоногих ракоподібних. Чисельність найпростіших та багатоклітинних організмів біоценозу обростання складала 11210 екз/мл та 7 екз/мл. У первинному біоценозі також була висока чисельність рослинних організмів (діатомові водорості) – 97325 екз/мл. Через добу до первинного біоценозу обростання волокнистого носія був добавлений розчин (50 мл) біоценозу нитчастих водоростей природного водотоку (річки Мокра Московка).

Біоценоз нитчастих водоростей річки був представлений 11 видами, які належать до 5 таксономічних груп. Інфузорії були представлені 5 таксонами, коловертки – 3 видами, джгутиконосці – 2 видами. Інші таксономічні групи (веслоногі ракоподібні, гіллястовусі ракоподібні та личинки хірономід) були представлені по одному виду, відповідно (табл. 2).

Таблиця 2 – Видовий склад біоценозу обростання нитчастих водоростей річки Мокра Московка (травень 2016 р.)

Таксони	Чисельність організмів, екз/мл
<i>Euglena oxyuris</i> Schmarda	170
<i>E. ehrenbergii</i> Klebs	340
Всього (Mastigophora)	510
<i>Stylonchia mutilis</i> Ehrenberg	1528
<i>Amphileptus pleurosigma</i> Stockes	510
<i>Uroleptus caudatus</i> (Stockes)	170
<i>Trochilia minuta</i> (Roux) Kahl	849
<i>Vorticella</i> sp.	170
Всього (Ciliophora)	3227
<i>Trichocerca</i> (D.) brachyuran (Gosse)	170
<i>Cephalodella catellina</i> Muller	170
<i>Habrotrocha</i> sp.	170
Всього (Rotatoria)	510
<i>Megacyclops latipes</i> (Lowndes)	+
Всього (Copepoda)	+
<i>Chudorus sphaericus</i> (O.F. Muller)	×
Всього (Cladocera)	×
личинки <i>Chironomidae</i>	1528
Разом	5775

Примітки: "+" – чисельність 1 екз/мл; "×" – чисельність 0,6 екз/мл.

Чисельність біоценозу обростання нитчастих водоростей природного водотоку складала 5775 екз/мл, головним чином за рахунок інфузорій, які склали 56% від загальної чисельності біоценозу.

Через 48 годин експерименту біоценоз обростання волокнистого носія складався із 9 таксонів. Найбільшою кількістю видів були представлені інфузорії – 5 таксонів, веслоногі та гіллястовусі ракоподібні були представлені – 3 та 1 видами, відповідно. Чисельність найпростіших біоценозу обростання у цей період знизилася майже у 6 разів і складала 1870 екз/мл.

Після 96 годинної експозиції біоценоз обростання волокнистої насадки типу "ВІЯ" складався також із 9 таксонів. Інфузорії були представлені 6 видами, джгутиконосці 2 таксонами, веслоногі ракоподібні одним видом. Чисельність найпростіших організмів дослідженого біоценозу обростання трохи підвищилася, у порівнянні із чисельністю біоценозу 48 годинної експозиції, і складала 4250 екз/мл. За чисельністю в біоценозі обростання домінували виключно інфузорії, які склали 92% від загальної чисельності найпростіших.

На сьому добу (168 годин) експерименту біоценоз обростання волокнистого носія установки складався із 5 таксонів, серед яких інфузорії були представлені 4 видами, а веслоногі ракоподібні – одним таксоном. Чисельність найпростіших організмів біоценозу обростання, у цей період, знизилася та складала 2210 екз/мл.

Після 192 годин експерименту біоценоз обростання волокнистого носія був представлений 7 таксонами. Найбільшою кількістю видів були представлені інфузорії (4 таксони), веслоногі ракоподібні – 2 видами та коловертки – одним таксоном. Також у цей період в біоценозі обростання зустрічалися науплійні стадії копепод. Чисельність найпростіших організмів дослідженого біоценозу продовжувала знижуватись та складала 1530 екз/мл.

На десяту добу експерименту (240 годин) біоценоз обростання волокнистого носія складався із 5 таксонів. Джгутикові та веслоногі ракоподібні були представлені – 2 таксонами кожен, а інфузорії одним видом. Чисельність найпростіших організмів обростання була найнижчою (680 екз/мл) за весь період очищення стічної води.

Подібність видового складу біоценозів обростання, які сприяли процесу очищення промислових стоків заводу визначали за допомогою індексу Чекановського – Серенсена. Ступінь подібності видового складу біоценозів обростання волокнистого носія у продовж проходження експерименту на лабораторній установці була низькою та коливалась у межах 0,13 – 0,44. Максимальне значення коефіцієнта подібності видового складу біоценозів (0,44) було встановлено між біоценозом обростання волокнистого носія на 2-гу добу експерименту та біоценозом насадки типу «ВІЯ2 на 4-ту добу експерименту (табл. 3).

Подібність видового складу біоценозу нитчастих водоростей річки Мокра Московка та біоценозів обростання волокнистого носія також були низькими. Спочатку коефіцієнт подібності біоценозу нитчастих водоростей і біоценозів обростання носія на 2-гу і 4-ту добу експозиції дорівнював 0,27, а потім на сьому-десяту добу індекс подібності цих біоценозів знизився та коливався у діапазоні 0,10-0,11.

Найчастіше в біоценозі обростання волокнистого носія, у продовж всього періоду дослідження, із найпростіших зустрічалися два таксони – *U. nigricans* та *Am. pleurosigma*, які мали також і високі показники середньої чисельності – 3963 екз/мл та 1530 екз/мл, відповідно. Серед багатоклітинних організмів найчастіше зустрічались в біоценозі обростання волокнистого носія представники веслоногих ракоподібних *M. latipes* та *D. bicuspidatus* (їх зустрічальність 50%). Інші організми біоценозу обростання насадки типу «ВІЯ» мали низький відсоток зустрічальності у межах 17–33%. Таким чином можна

стверджувати, що два останні види закріпилися та добре адаптувались до умов очистки промислових стоків за допомогою волокнистого носія, так як саме ці таксони були внесені для формування біоценозу обростання штучного носія і не були присутні у початковому біоценозі який створювався в умовах стічних вод шламонакопичувача заводу ПАТ «Запоріжсталь».

Таблиця 3 – Коефіцієнти подібності видів досліджених біоценозів обростання при очищенні промислових стоків ПАТ «Запоріжсталь»

Біоценози	2	3	4	5	6	7
1	–	0,27	0,27	0,11	0,10	0,11
2		0,29	0,14	0,20	0,17	0,20
3			0,44	0,14	0,13	–
4				0,14	0,13	0,14
5					0,17	0,20
6						0,17

Примітки:

- 1 – біоценоз обростання нитчастих водоростей природного водотоку;
- 2 – початковий біоценоз обростання волокнистого носія;
- 3 – біоценоз обростання волокнистого носія на 2-у добу експерименту;
- 4 – біоценоз обростання волокнистого носія на 4-у добу експерименту;
- 5 – біоценоз обростання волокнистого носія на 7-у добу експерименту;
- 6 – біоценоз обростання волокнистого носія на 8-у добу експерименту;
- 7 – біоценоз обростання волокнистого носія на 10-у добу експерименту.

Видовий склад безхребетних обростання волокнистого носія шламонакопичувача заводу у 2017 р. був представлений 16 таксонами, які належать до трьох таксономічних груп. Найбільша кількість видів була виявлена серед інфузорій (14 видів), веслоногі ракоподібні та коловертки були представлені по одному виду відповідно (таблиця 4).

В жовтні зооценоз обростання волокнистого носія складався із найпростіших організмів – інфузорій (7 видів), та багатоклітинних організмів – коловертки і веслоногих ракоподібних, які були представлені по одному таксону, відповідно. В цей період зооценоз обростання волокнистого носія характеризувався максимальними показниками чисельності – 6288 екз/мл. Високі показники чисельності безхребетних обростання носія були обумовлені значним розвитком інфузорій, які склали 89% від загальної чисельності зооценозу. Серед інфузорій за чисельністю в жовтні домінували два види – *Coleps hirtus* та *Stentor roeseli*.

У першій декаді листопада зооценоз обростання волокнистого носія складався виключно із найпростіших організмів – інфузорій, які були представлені 9 таксонами. Чисельність безхребетних обростання носія в цей період складала 5706 екз/мл. Серед інфузорій за чисельністю переважали два види – *Stentor roeseli* та *Glaucoma scintillans*.

У другій декаді листопада зооценоз обростання волокнистого носія характеризувався низьким видовим різноманіттям та не високими показниками чисельності безхребетних обростання. Зооценоз обростання був представлений 3 видами інфузорій та одним таксоном коловертки. Чисельність зооценозу обростання волокнистого носія в цей період складала 3058 екз/мл, що була обумовлена головним чином розвитком круговійчастої інфузорії – *Vorticella campanula*.

Постійно у складі зооценозу обростання волокнистого носія в осінній період зустрічався один вид інфузорій – *Stentor roeseli*. Високою зустрічальністю із найпростіших в зооценозі

обростання також характеризувались три види інфузорій – *Holophrya* sp., *Litonotus lamella*, *Chilodonella cucullulus*. Із багатоклітинних організмів серед безхребетних обростання найчастіше зустрічались коловертки *Rotaria rotatoria rotatoria*.

Після проведення іммобілізації організмів активного мулу на волокнистий носій в воді комплексу позамайданчикового шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь» проводили експозицію штучного волокнистого носія в спроектованій лабораторній установці. Гідрохімічні показники впродовж експерименту змінювались у певних межах, таблиця 5.

Таблиця 4 – Видовий склад біоценозу обростання волокнистого носія «ВІЯ» при очищенні промислових стічних вод шламонакопичувача заводу ПАТ «Запоріжсталь» (жовтень-листопад 2017 р.)

Таксони	Жовтень	Листопад	
		Перша декада	Друга декада
<i>Coleps hirtus</i> Nutzsch	+		
<i>Stentor roeseli</i> Ehrenberg	+	+	+
<i>Holophrya</i> sp.	+	+	
<i>Litonotus lamella</i> Shewlakoff	+	+	
<i>Chilodonella cucullulus</i> (Muller)	+	+	
<i>Spirostomum ambiguum</i> Muller	+		
<i>Aspidisca lynceus</i> Ehrenberg	+		
<i>Prorodon ovum</i> (Ehrenberg), Kachl			+
<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg			+
<i>Tachysoma pellionella</i> (Muller et Stein)		+	
<i>Glaucoma scintillans</i> Ehrenberg		+	
<i>Carchesium batorligetiense</i> Stiller		+	
<i>Colpidium</i> sp.		+	
<i>Prostomatida</i> sp.		+	
Всього Ciliophora	7		3
<i>Rotaria rotatoria rotatoria</i> (Pallas)	+		+
Всього Rotatoria	1	0	1
<i>Diacyclops bisetosus</i> (Rehberg)	+		
Всього Copepoda	1	0	0
Разом	9	9	

Після очищення зливових стічних вод при використанні волокнистого носія типу «ВІЯ» зменшувались наступні показники: нафтопродукти, мг/дм³, азот амонійний, мг/дм³, нітрити, мг/дм³; залишалися у межах норми: мінералізація, мг/дм³, кальцій, мг/дм³, магній, мг/дм³, жорсткість води, мг-екв/дм³, роданіди, мг/дм³, фториди, мг/дм³. Часткове збільшення таких показників як мінералізація, кальцій, магній пов'язане з тим, що впродовж 10 діб очищення води в умовах експериментальної установки, завдяки постійній аерації з ємностей випаровувалося близько 100-200 мл води, що сприяло концентрації та накопиченню мінеральних речовин.

Показники що суттєво зменшилися коливались у наступних межах: нафтопродукти – від 0,267 до 1,204 мг/дм³, азот амонійний – від 0,43 до 3,45 мг/дм³, нітрити – від 0,02 до 1,46 мг/дм³; та мали наступні середні значення: нафтопродукти – 0,523 ± 0,44 мг/дм³, азот амонійний – 0,646 ± 0,33мг/дм³, нітрити – 0,456 ± 1,0 мг/дм³.

Таблиця 5 – Гідрохімічні показники води, що очищалася

Показник	Доба					
	До оч.	2	4	7	8	10
pH	7,87	8,17	8,24	8,21	8,02	8,22
Зважені речовини, мг/дм ³	14,2	12,6	13,8	32,6	9,3	10,5
Мінералізація, мг/дм ³	584,0	784,0	1350,0	826,0	804,0	800,0
Кальцій, мг/дм ³	62,12	70,14	66,13	68,14	70,14	68,14
Магній, мг/дм ³	23,1	47,42	47,42	49,86	41,34	40,13
Жорсткість, мг-екв/дм ³	5,0	7,4	7,2	7,5	6,9	6,7
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,384	0,327	0,328	0,489	1,204	0,267
Азот амонійний, мг/дм ³	3,45	0,77	0,57	0,5	0,96	0,43
Нітрити, мг/дм ³	0,77	0,07	0,69	1,46	0,04	0,02
Роданіди, мг/дм ³	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Фториди, мг/дм ³	0,44	0,56	0,48	0,61	0,69	0,67

Ефективність очищення зливових стічних вод від нафтопродуктів у продовж 48-96 годин становила 24,5-25%, а на 10 добу експерименту становила 30%. Концентрація амонійного азоту зменшилась на 87,5%, нітритів – на 97%. Відстежується динаміка найбільшої ефективності очищення досліджуваної води на 2 та 4 добу, що пов'язано із біорізноманіттям видового складу іммобілізованого гідробіоценозу та виїдання органічних та інших речовин у трофічному ланцюгу. Отримані дані підтверджують ефективність використання штучного волокна «ВІЯ» з іммобілізованими мікроорганізмами та гідробіонтами для очищення промислових стічних вод позамайданчикового шламовидалення заводу ПАТ «Запоріжсталь» за деякими з вивчених показників.

Податковий кодекс України регулює відносини, що виникають у сфері справляння податків і зборів, зокрема визначає вичерпний перелік податків та зборів, що справляються в Україні, та порядок їх адміністрування, платників податків та зборів, їх права та обов'язки, компетенцію контролюючих органів, повноваження і обов'язки їх посадових осіб під час адміністрування податків, а також відповідальність за порушення податкового законодавства.

Зокрема Податковим кодексом України регулюється екологічний податок за скиди окремих забруднюючих речовин у водні об'єкти. Відповідно до пункту 14.1.57, екологічний податок - загальнодержавний обов'язковий платіж, що справляється з фактичних обсягів викидів у атмосферне повітря, скидів у водні об'єкти забруднюючих речовин, розміщення відходів, фактичного обсягу радіоактивних відходів, що тимчасово зберігаються їх виробниками, фактичного обсягу утворених радіоактивних відходів та з фактичного обсягу радіоактивних відходів, накопичених до 1 квітня 2009 року.

Ставки податку за скиди окремих забруднюючих речовин у водні об'єкти, а саме нафтопродуктів, азоту амонійного та нітритів, в 2016 р. становили 7606,99 гривень за 1 тонну, 1293,1 гривень за 1 тонну, 6350,98 гривень за 1 тонну відповідно, в 2017 р. 8519,83 гривень за 1 тонну, 1448,27 гривень за 1 тонну та 7113,1 гривень за 1 тонну відповідно.

Маючи вихідні дані гідрохімічних показників стічної води комплексу позамайданчикового шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь» та ставки екологічного податку, встановлені Податковим кодексом України, можливо розрахувати економічний ефект від зменшення

концентрації нафтопродуктів, азоту амонійного та нітритів в воді. Результати розрахунків занесені в таблицю 6.

Вартість штучного волокнистого носія та необхідної для його закріплення конструкції в 2016 р. становила 400 грн/м², в 2017 р. становить 1500 грн/м². Для ефективного використання необхідно близько 100 м².

Таблиця 6 – Економічна ефективність очищення промислових стоків ПАТ «Запоріжсталь»

№	Показники	Нафтопр.	Азот амонійний	Нітрити
1	Концентрація речовин до експерименту, мг/дм ³	0,384	3,45	0,77
2	Концентрація речовин після експерименту, мг/дм ³	0,267	0,43	0,02
3	Ефективність очищення	30,5%	87,5%	97,4%
4	Виплата екологічного податку за хімічними показниками води до експерименту й ставками екологічного податку 2016 р., грн	172579,78	263549,17	289147,42
5	Виплата екологічного податку за хімічними показниками води після експерименту й ставками екологічного податку 2016 р., грн	119974,40	32844,61	7502,41
6	Економічна ефективність за ставками екологічного податку 2016 р., грн	52605,38	230704,56	281645,00
7	Виплата екологічного податку за хімічними показниками води до експерименту й ставками екологічного податку 2017 р., грн	193289,38	295174,66	323845,22
8	Виплата екологічного податку за хімічними показниками води після експерименту й ставками екологічного податку 2017 р., грн	134371,35	36785,91	8402,71
9	Економічна ефективність за ставками екологічного податку 2017 р., грн	58918,03	258388,75	315442,51

В разі встановлення запропонованої технологічної конструкції, та за умови зменшення концентрації вказаних вище речовин, сума виплати екологічного податку за економічними показниками Податкового кодексу України 2016 року зменшується на 564954,94 грн, відповідно економічний ефект становить умовно 524954,94 грн в рік установки та 564954,94 грн за кожний наступний рік. За економічними показниками Податкового кодексу України 2017 року сума виплати екологічного податку зменшується на 632749,29 грн, відповідно економічний ефект становить умовно 482749,29 грн в рік установки та 632749,29 грн за кожний наступний рік.

ВИСНОВКИ

1. Видовий склад біоценозу обростання волокнистого носія за весь період експозиції в установці був представлений 24 таксонами, які належать до п'яти таксономічних груп. Найбільша кількість видів була виявлена серед інфузорій (12 видів), 6 видів належали до

веслоногих ракоподібних, 4 види відносяться до джгутикових організмів, гіллястовусі ракоподібні та коловертки були представлені по одному виду відповідно.

2. Чисельність біоценозу обростання волокнистого носія у процесі очищення промислових стоків коливалась у межах 680-4250 екз/мл. Поступове зменшення чисельності біоценозу обростання штучного волокна було виявлено з сьомої до десятої доби експерименту.

3. Ступінь подібності видового складу біоценозів обростання волокнистого носія у продовж проходження експерименту на лабораторній установці була низькою та коливалась у межах 0,13-0,44. Максимальне значення коефіцієнта подібності видового складу біоценозів (0,44) було встановлено між біоценозом обростання волокнистого носія на 2-гу добу експерименту та біоценозом насадки типу «ВІЯ» на 4-ту добу експерименту.

4. Найчастіше в біоценозі обростання волокнистого носія, у продовж всього періоду дослідження, із найпростіших зустрічалися два таксони – *U. nigricans* та *Am. pleurosigma*, які мали також і високі показники середньої чисельності – 3963 екз/мл та 1530 екз/мл, відповідно.

5. Ефективність очищення зливових стічних вод від нафтопродуктів у продовж 48-96 годин становила 24,5-25%, а на 10 добу експерименту становила 30%. Концентрація амонійного азоту зменшилась на 87,5%, нітритів – на 97%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крупей К.С. Очистка стічних вод заводу АТ «Мотор Січ» мікроорганізмами, що іммобілізовані на штучних носіях Питання біоіндикації та екології / Скокова А.О., Рильський О.Ф., Домбровський К.О.// Вісник Запорізького національного університету. – Запоріжжя, 2014. – Вип. 19, № 2. – С. 72-84.
2. Глоба Л.И. Очистка природной воды гидробионтами, закрепленными на волокнистых насадках / Л.И. Глоба, П.И. Гвоздяк, Н.Б. Загорная и др. // Химия и технология воды. – 1992. – Т. 14. – № 1. – С. 63-67.
3. Глоба Л.И. Біотехнологія очищення забрудненої природної води / Л.И. Глоба, Н.И. Подорван // Вісник ОНУ. – 2001. – Т. 6, вип. 4. – С. 65-66.
4. Саблій Л.А. Використання гідробіонтів для очищення стічних вод від органічних забруднюючих речовин / Л.А.Саблій // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць. – Рівне, 2013. – Вип. 1(61): Технічні науки. – С. 70-78.
5. Ettl M. The Ciliate Community (Protozoa: Ciliophora) of a Municipal Activated Sludge Plant: Interactions between Species and Environmental Factors / M. Ettl // Protozoological Monographs. – 2000. – Vol. 1. – P. 1-62.
6. Одум Ю. Основы экологии / Одум Ю. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. [4-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

REFERENCES

1. Krupci K.S. Ochistka stichnikh vod zavodu AT «Motor Sich» mikroorganizmami, shcho immobilizovani na shtuchnikh nosiyakh Pitannya bioindikatsii ta ekologii / Skokova A.O., Ril's'kii O.F., Dombrovs'kii K.O.// Visnik Zaporiz'kogo natsional'nogo universitetu. – Zaporizhzhya, 2014. – Vip. 19, № 2. – S. 72-84.

2. Globa L.I. Ochistka prirodnoi vody gidrobiontami, zakreplennymi na voloknistykh nasadkakh / L.I. Globa, P.I. Gvozdyak, N.B. Zagornaya i dr. // Khimiya i tekhnologiya vody. – 1992. – Т. 14. – № 1. – S. 63-67.
3. Globa L.I. Biotekhnologiya ochishchennya zabrudненої prirodної vodi / L.I. Globa, N.I. Podorvan // Visnik ONU. – 2001. – Т. 6, vip. 4. – S. 65-66.
4. Sablii L.A. Viktoristannya gidrobiontiv dlya ochishchennya stichnikh vod vid organichnikh zabrudnyuyuchikh rechovin / L.A.Sablii // Visnik Natsional'nogo universitetu vodnogo gospodarstva ta prirodoкористuvannya: zb. nauk. prats'. – Rivne, 2013. – Vip. 1(61): Tekhnichni nauki. – S. 70-78.
5. Ettl M. The Ciliate Community (Protozoa: Ciliophora) of a Municipal Activated Sludge Plant: Interactions between Species and Environmental Factors / M. Ettl // Protozoological Monographs. – 2000. – Vol. 1. – P. 1-62.
6. Odum Yu. Osnovy ekologii / Odum Yu. – М.: Mir, 1975. – 740 s.
7. Lakin G.F. Biometriya / G.F. Lakin. [4–e izd., pererab. i dop.]. – М.: Vysshaya shkola, 1990. – 352 s.

Рецензенти: Потоцька О. І., к. б.н., заст. декана 2-го медичного фак-ту, доц. кафедри гістології, цитології та ембріології Запорізького державного медичного університету;
Рильський О. Ф., д.б.н., професор, зав. каф. загальної та прикладної екології і зоології ЗНУ.