

ПЕРИФІТОН ВОЛОКНИСТОГО НОСІЯ «ВІЯ» ПІД ЧАС БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Домбровський К.О.

Запорізький національний університет
вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя
dombrov1717@ukr.net

У роботі представлені результати досліджень структурної організації угруповань перифітону волокнистого носія «ВІЯ» очисних споруд заводу АТ «Мотор Січ». Досліджена структурна організація перифітону під час біологічного очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами. У перифітоні волокнистого носія типу «ВІЯ» очисних споруд заводу постійно були наявні найпростіші та багатоклітинні безхребетні. Із них 23 таксона належить до підцарства Protozoa та 12 – до Metazoa. У градієнті досліджених температур (15,5–30,5 °С) у складі перифітонних угруповань постійно зустрічались інфузорії *Paramecium caudatum*, які були домінантами або субдомінантами, а їх щільність коливалась у межах 26–444 тис. екз/м². Також постійно зустрічались у перифітоні волокнистого носія нематоди *Nematoda* gen. sp., які були домінантами або субдомінантами та становили 1,1–66,8% від загальної щільності перифітонного угруповання. У трофічній структурі перифітону волокнистого носія домінували бактеріо-детритофаги, середня щільність яких становила 38,6% від загальної середньої щільності перифітону, водночас частка видів (%) цієї трофічної групи у видовій структурі угруповання залишається незмінною. Високими кількісними показниками розвитку в еколого-морфологічній структурі інфузорій перифітону характеризувались рухомі види (перифітонно-бентосні – 10 видів та планктонно-бентосні – 5 видів), щільність яких у весняно-літній період коливалась у межах 88,0–98,7% від загальної щільності інфузорій. Упровадження розробленої технології біологічного очищення на очисних спорудах заводу АТ «Мотор Січ» забезпечує високу ефективність очищення стічних вод від нафтопродуктів на рівні 56–71%. Уміст нафтопродуктів в очищеній воді зменшився (середні показники) з $1,361 \pm 0,309$ мг/дм³ до $0,419 \pm 0,094$ мг/дм³. *Ключові слова:* перифітон, структура, волокнистий носій, стічні води, очисні споруди.

Periphyton of fibrous carrier «VIYA» in biological treatment of industrial waste water. Dombrovskiy K.

The paper presents the research results of the structural organization in periphyton aggregations of fibrous carrier «VIYA» in treatment facilities of the plant «Motor Sich JSC». The structural organization of periphyton in the biological treatment of wastewater polluted with oil products was researched. The protozoans and metazoans invertebrates were present in periphyton of fibrous carrier «VIYA» in treatment facilities of the plant. There were 23 taxa of the Protozoa subkingdom and 12 taxa of the Metazoa subkingdom among them. *Paramecium caudatum* infusoria were present in periphyton aggregations in the gradient of the investigated temperatures (15.5–30.5 °C). They were dominants or subdominants, and their number varied within 26–444 ths sp/m². Also, nematodes *Nematoda* gen. sp. were present in periphyton of fibrous carrier. They were dominants or subdominants, and composed 1.1–66.8% of total number of investigated periphyton aggregations. The bacteria detritophages predominated in the trophic structure of periphyton of fibrous carrier. Their average number was 38.6% of the total average number of periphyton, while the proportion of species (%) of this trophic group in the species structure of the aggregation remained the same. The moving species (periphyton benthic – 10 species and plankton benthic – 5 species) were characterized by the high quantitative indicators of development in the ecological morphological structure of periphyton infusoria. In the spring–summer period their number varied within the range of 88.0–98.7% of the total the number of infusoria. The implementation of the developed technology of biological treatment at treatment facilities of the plant «Motor Sich JSC» provides high efficiency of waste water treatment from petroleum products at 56–71%. The content of petroleum products in the treated water decreased (average values) from 1.361 ± 0.309 mg/dm³ to 0.419 ± 0.094 mg/dm³. *Key words:* periphyton, structure, fibrous carrier, waste water, treatment facilities.

Постановка проблеми. Одним зі шляхів інтенсифікації роботи біологічного очищення стічних вод є збільшення в об'ємі споруди концентрації біомаси мікроорганізмів – очисників стічної води. Із цієї метою в біотехнологіях очищення стічних вод усе ширше використовують іммобілізовані, прикріплені до різних носіїв мікроорганізми [1].

Для іммобілізації мікроорганізмів використовують інертні, не розчинні у воді носії (насадки), якими заповнюють об'єм очисної споруди, утворюючи таким чином високорозвинену поверхню для прикріплення й утримування біомаси мікроорганізмів. В Україні останнім часом усе частіше стали використовувати для біологічного очищення стічних

вод волокнистий носій із синтетичних (капронових) волокон типу «ВІЯ» для іммобілізації гідробіонтів в очисних спорудах. Доцільність та ефективність використання цього волокнистого носія в біотехнологіях очищення стічних вод довів П.І. Гвоздяк [2–5].

Актуальність дослідження. Відомо, що під час біологічного очищення води за принципом біоконвеєра можна очищувати будь-які (природні, зливові, побутові, промислові) стічні води, котрі містять розчинні органічні сполуки, мутагенні чи канцерогенні речовини, за будь-яких їхніх концентрацій. Така біотехнологія очищення води передбачає трансформування забруднюючих речовин, крім водню й кисню, в нерозчинні у воді речовини, які переходять у пові-

тря або випадають в осад [2]. У біосфері для відновлення якості води ця проблема вирішується завдяки процесу самоочищення, в якому бере активну участь надзвичайно велика кількість організмів – складні гідробіоценози. Отже, і для індустріального очищення стічних вод необхідно використовувати не тільки окремі штами різних мікроорганізмів – деструкторів, прокаріот активованого мулу, а й максимальну кількість гідробіонтів, котрі існують у природі [2]. Саме це й передбачає запропонована біотехнологія очищення промислових стічних вод.

До останнього часу вивчення перифітону інертного волокнистого носія типу «ВІЯ» у процесі біологічного очищення стічних вод недостатньо висвітлено в науковій літературі. Відома невелика кількість публікацій, де вивчався видовий склад перифітону волокнистого носія [1, 6–8], але структурна організація перифітону не вивчалась.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Робота виконана в рамках госпдоговірних науково-дослідних робіт за госпдоговором № 9/13 «Дослідження адсорбційно-деструктивних властивостей нових штучних носіїв – наповнювачів біофільтрів із метою доочищення води та зменшення її скиду в р. Мокра Московка» та госпдоговором № 4/14 «Біологічна доочистка стічних вод» у 2013–2014 рр.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Основою для роботи є наукові статті П.І. Гвоздяка, Л.І. Глоби [3–7], монографії П.І. Гвоздяка, Л.А. Саблій (Гвоздяк, 2019; Саблій, 2013).

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. До останнього часу мало уваги приділялось питанню вивчення структурної організації, практичного значення іммобілізованих організмів перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» у процесі очищення стічних вод від нафтопродуктів. Вивчення цього питання в подальшому дозволить більш ефективно використовувати біологічний потенціал певних гідробіонтів перифітону під час біологічного очищення стічних вод та мінімізує витрати на забезпечення функціонування очисних споруд.

Новизна. У дослідженні вивчена структурна організація перифітону волокнистого носія «ВІЯ» у процесі біологічного очищення нафтозабруднених стічних вод. Уперше досліджено ступінь домінування структуроутворюючих видів перифітону за щільністю залежно від температури стічної води. Вивчена еколого-морфологічна структура інфузорій протістоперифітону волокнистого носія. Усе це в подальшому дозволить спрогнозувати оптимальний технологічний режим біологічного очищення стічних вод за допомогою іммобілізованих гідробіонтів на волокнистому носіїв типу «ВІЯ».

Методологічне або загальнонаукове значення.

На основі даних структурної організації перифітону волокнистого носія в подальшому можна з'ясувати

питання щодо оптимальних умов утилізації біотою утвореної надлишкової біомаси мікроорганізмів-деструкторів під час біологічного очищення стічних вод шляхом використання детритного трофічного ланцюга гідробіонтів.

Виклад основного матеріалу. Матеріал і методика. Дослідження проводили на ЗОС № 54 заводу АТ «Мотор Січ». Данні очисні споруди представлені відкритим чотирьохсекційним відстійником, розміром 20 × 50 м, глибиною 3,45 м. Кожна секція складається із вхідної, проточної, осадочної частин, відсіку біологічної доочистки (з використанням фільтруючого завантаження – керамзиту), камери очищеної води.

В одній із 4 секцій відстійника ЗОС № 54 встановлювали плаваючі несучі елементи у вигляді «плотиків», розміром 1,50 × 0,54 м. До нижньої поверхні кожного «плотика» було прикріплено волокнистий носій. Волокнистий носій прикріплюють до «плотика» так, щоб під час розміщення його у воді він був занурений у водну товщу. Первинну іммобілізацію мікроорганізмів та організмів перифітону на волокнистий носій «ВІЯ» проводили в аеротенку Центральних каналізаційних очисних споруд лівого берега № 1 (ЦОС-1) підприємства «Водоканал» м. Запоріжжя у продовж 14 діб. Потім волокнистий носій з іммобілізованими організмами вилучали з аеротенку ЦОС-1 та транспортували до ЗОС № 54 заводу АТ «Мотор Січ», де й розміщували на початку експериментальної секції відстійника очисної споруди перед «плотиками» із волокнистим носієм.

Проби перифітону відбирали упродовж березня–вересня 2014 року. Визначення організмів перифітону проводили за визначниками [9–13]. Підрахунок щільності перифітонних організмів волокнистого носія проводили з урахуванням площі поверхні субстрату й виражали в екз/м² за методикою, яка описана в роботі [14].

Для оцінки видового різноманіття та видової структури перифітону використовували індекс видового різноманіття Шеннона та індекс домінування Палія-Ковнацькі (D_i), який одночасно враховує щільність і частоту зустрічальності. Для характеристики видового складу перифітону вважали домінантами види (+++), індекс яких був $D_i > 10\%$; субдомінантами (++) індекс яких перебував у таких межах: $1\% < D_i < 10\%$. За умови значення індексу $D_i < 1\%$ вважали, що вид у групуванні не домінує (+). За ступенем рухомості та належності до певного біотопу інфузорії перифітону розподіляли на три групи:

- 1) прикріплені;
- 2) рухомі перифітоно-бентосні;
- 3) рухомі планктоно-бентосні [15].

Концентрацію нафтопродуктів у стічних водах визначали до та після біологічного очищення забруднених вод заводу і проводили за стандартними методиками. Установлення концентрації нафтопродуктів у воді проводили в акредитованій на технічну компе-

тентність комплексній санітарно-технічній лабораторії заводу АТ «Мотор Січ».

Результати та їх обговорення. До очисної споруди моторобудівного заводу упродовж 2013–2014 років потрапляли зливові стічні води в обсязі 1,81 тис.±м³/добу та 3,50 тис. м³/добу або 652,54 та 1202,04 тис. м³/рік. Після очищення зливові води відводяться до малої річки Мокра Московка (випуск 1).

Проаналізувавши данні щодо середньої концентрації хімічних речовин зливових стічних вод моторобудівного заводу, які надходять на випуск 1 ЗОС № 54 за 2013–2014 рр., виявлено перевищення нормативів гранично допустимих скидів (ГДС) у 2013 році майже за всіма показниками за виключенням (БСК₅, свинець). У 2014 році у зливових стічних водах після очищення виявлено перевищення ГДС за середніми показниками за такими компонентами: нікель, нафтопродукти (табл. 1).

Загалом за 2013–2014 рр. із 20 нормованих хімічних речовин середні концентрації двох речовин – іонів нікелю та нафтопродуктів – перевищували нормовані значення ГДС в 1,41–1,96 та 1,01–1,26 разів, відповідно.

За даними підприємства під час залпового скиду стічних вод до очисної споруди було виявлено максимальні концентрації забруднюючих речовин, які перевищують значення ГДС у діапазоні від 1,01 до

4,67 разів. За досліджений період найбільше перевищення концентрацій хімічних речовин від ГДС в очищеній воді було зафіксовано для нікелю, хрому (III), нафтопродуктів та азоту нітритного на рівні 4,67; 4,53; 3,57 та 3,52 разів, відповідно.

Перифітон волокнистого носія очисних споруд ЗОС № 54 моторобудівного заводу складався із 35 таксонів гідробіонтів, які відносяться до трьох екологічних груп – протистоперифітону, мікрозооперифітону та макрозооперифітону. Із них 23 таксона належить до підцарства Protozoa та 12 – до Metazoa.

Відомо, що інтенсивність процесу біологічного очищення стічних вод залежить від температури стічних вод, біомаси активного мулу та інших окремих показників [16]. Температура стічних вод є важливим технологічним параметром біологічних процесів очищення, тому що від неї залежить швидкість біохімічних реакцій і розчинність у воді кисню, необхідного для життєдіяльності мікроорганізмів [17], та інших гідробіонтів. Тому нами було з'ясовано особливості домінування окремих видів перифітону волокнистого носія за різних показників температури стічної води.

Під час біологічного очищення стічних вод моторобудівного заводу види перифітону волокнистого носія реєструвались за температури від 15,5 °С до 30,5 °С. У таблиці 2 наведено основні структуроутворюючі види (домінанти та субдомінанти, щіль-

Таблиця 1

Характеристика стічних вод моторобудівного заводу, які надходять на випуск 1 (ЗОС № 54) р. Мокра Московка (за даними підприємства)

Показники	Концентрація забруднення, мг/дм ³			ГДС, мг/дм ³
	Середня (за рік)		Максимальна (разове)	
	2013 р.	2014 р.		
Завислі речовини	9,80	9,68	10,10	9,875
Азот амонійний	0,62	0,53	1,30	0,552
Азот нітритний	0,51	0,41	1,48	0,42
Азот нітратний	4,57	3,99	5,98	4,06
Сульфати	67,50	64,50	70,50	65,65
Фосфати	1,20	1,10	1,39	1,131
Фториди	0,36	0,31	0,46	0,327
Хлориди	406,4	360,2	868,6	366,64
ХСК	26,8	24,9	48,0	25,0
БСК ₅	3,85	3,82	3,90	3,854
СПАР	0,064	0,057	0,090	0,061
Нафтопродукти	0,212	0,246	0,696	0,195
Мінералізація	1112,0	962,0	2021,0	967,48
Алюміній	0,054	0,048	0,082	0,05
Залізо загальне	0,33	0,20	0,52	0,20
Мідь	0,011	0,008	0,021	0,0089
Цинк	0,009	0,010	0,011	0,01
Хром (III)	0,0070	0,0047	0,0240	0,0053
Свинець	0,053	0,053	0,059	0,0558
Нікель	0,013	0,018	0,043	0,0092
pH	7,89	–	8,47	–

ність яких в угрупованні >1%) в порядку домінування за індексом Палія-Ковнацькі (D_i), де вказаний їхній ступінь домінування залежно від температури стічної води. За період дослідження в зазначеному діапазоні температури води загалом було встановлено 13 структуроутворюючих видів перифітону. Серед них 85% видів відноситься до інфузорій (7 таксонів) та коловерток (4 таксони). Інші таксономічні групи (нематоди й сонцевики) були представлені по одному виду.

За невисоких (15,5–16,0 °C) та підвищених (20,0–21,0 °C) показників температури стічної води серед інфузорій за щільністю домінували виключно 2 види – *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1833 та *Carchesium polypinum* (Linnaeus, 1758) Ehrenberg, 1830, які за типом живлення відносяться до бактеріо-детритофагів. Також зазначені види інфузорій відносяться до рухомих та прикріплених колоніальних форм, відповідно. За температури стічних вод у межах 15,5–16,0 °C та 20,0–21,0 °C в угрупованні перифітону також домінували за щільністю нематода – *Nematoda* gen. sp. та коловертка – *Philodina acuticornis* Murray, 1902.

За високих показників температури стічної води (28,0–30,5 °C) склад видів домінантів та субдомінантів перифітону зменшується до 7 таксонів, зменшу-

ється й середня щільність угруповання. За цих максимальних температур води в угрупованні перифітону домінують коловертки *Rotaria rotatoria rotatoria* (Pallas, 1766) із середньою щільністю 174 тис. екз/м² або 39,5% від загальної щільності перифітону.

У діапазоні високих максимальних температур стічної води в перифітоні волокнистого носія зменшується щільність тих інфузорій які домінували в угрупованні раніше, а їхнє місце займають інші гідробіонти (коловертки), які в більш сприятливих для себе температурних умовах активніше використовують поживні кормові ресурси.

У градієнті досліджених температур (15,5–30,5 °C) у складі перифітону з високими показниками зустрічальності на рівні 60–100% характеризувались 3 види – нематоди *Nematoda* gen. sp., інфузорії *P. caudatum* та коловертки *R. rotatoria rotatoria*. Постійно зустрічались в угрупованні перифітону інфузорії *P. caudatum*, які були домінантами або субдомінантами, а їх щільність коливалась у межах (26–444 тис. екз/м²). Також постійно зустрічались у перифітоні волокнистого носія нематоди *Nematoda* gen. sp., які були домінантами або субдомінантами та становили 1,1–66,8% від загальної щільності перифітону.

Індекс видового різноманіття Шеннона перифітону волокнистого носія за високих показників

Таблиця 2

Домінування окремих видів перифітону волокнистого носія у градієнті температури стічної води

Види	Температура, °C			D_i
	15,5–16,0	20,0–21,0	28,0–30,5	
<i>Nematoda</i> gen. sp.	+++	++	++	26,1
<i>Paramecium caudatum</i>	+++	+++	++	18,0
<i>Rotaria rotatoria rotatoria</i>	–	++	+++	15,3
<i>Carchesium polypinum</i>	+++	+++	++	12,9
<i>Philodina acuticornis</i>	++	+++	+	7,4
<i>Aspidisca cicada</i>	–	++	++	3,5
<i>Vorticella picta</i>	–	++	–	2,8
<i>Dileptus</i> sp.	++	–	–	2,7
<i>Epiphanes senta</i>	++	++	–	2,6
<i>Vorticella alba</i>	++	–	+	1,9
<i>Lithocolla globosa</i>	++	–	–	1,2
<i>Stentor roeseli</i>	–	–	++	0,6
<i>Bipalpus hudsoni</i>	–	–	++	0,4
Індекс Шеннона, біт/екз	1,97	1,88	2,33	
Середня щільність, тис. екз/м ²	591	875	441	

Таблиця 3

Еколого-морфологічні показники інфузорій протістоперифітону волокнистого носія очисної споруди

Період	Кількість видів			Щільність, тис. екз/м ²		
	прикріплені		рухомі	прикріплені		рухомі
	колон.	поодин.		колон.	поодин.	
Весна	1	–	7	4	–	298
Літо	–	2	9	–	22	161
Осінь	1	1	5	135	105	131
За весь період	2	3	15	22	28	199

температури стічної води (28,0–30,5 °C) коливався у межах від 1,62 до 2,90 біт/екз. За невисоких показників температури стічної води (15,5–21,0 °C) значення індексу видового різноманіття перифітону було меншим і коливалось у межах від 1,42 до 2,55 біт/екз.

Відомо, що ціліати-мікрофаги (бактеріо-детритофаги) як окрема екологічна група перифітону безпосередньо беруть участь у передачі нафтових вуглеводнів від мікроорганізмів через інфузорій на більш високі трофічні рівні [18]. Тому нами було з'ясовано, за яких температур стічної води була найбільш активна у процесі очищення стічних вод саме ця трофічна група. Найбільшу щільність ціліат-мікрофагів було виявлено за температури стічної води 20,0–21,0 °C, де вони становили від 32,7 до 77,3% від загальної щільності перифітону. За температури стічної води 28,5–30,5 °C та 15,5–16,0 °C частка ціліат-мікрофагів становила 12,2–53,9% та 7,5–34,0% від загальної щільності перифітону відповідно.

Трофічна структура угруповань перифітону волокнистого носія за весь період дослідження була представлена 7 трофічними групами за типом споживання їжі (альгофагами, бактеріо-детритофагами, бактеріо-альго-детритофагами, неселективними всеїдними організмами, поліфагами, детритофагами та хижаками). У трофічній структурі перифітону волокнистого носія домінували бактеріо-детритофаги, середня щільність яких становила 38,6% від загальної середньої щільності перифітону, за такої умови частка видів (%) цієї трофічної групи у видовій структурі угруповання залишається незмінною.

Під час дослідження еколого-морфологічної структури інфузорій протістоперифітону волокнистого носія нами було виявлено, що найбільша кількість видів інфузорій (10) належить до рухомих перифітоно-бентосних організмів. Групи прикріплених та рухомих планктоно-бентосних інфузорій були представлені 5 видами кожна (табл. 3).

У весняно-літній період в еколого-морфологічній структурі протістоперифітону волокнистого носія домінували за щільністю та кількістю рухомих видів, головним чином завдяки перифітоно-бентосним видам, щільність яких коливалась у межах 86,4–85,3% від загальної щільності інфузорій.

В осінній період в угрупованні протістоперифітону серед інфузорій за щільністю переважали прикріплені види, які становили 64,7% від загальної щільності інфузорій, а за кількістю видів – рухомі форми.

Під час дослідження ефективності названої біотехнології в умовах очисної споруди заводу концентрація нафтопродуктів до очищення коливалась у межах 0,360–3,982 мг/дм³, після очищення вміст вуглеводнів у воді знижувався та коливався в межах 0,222–0,694 мг/дм³. Упровадження запропонованої біотехнології з носіями, на поверхні яких іммобілізовані мікроорганізми та організми перифітону, дозволило досягти високої ефективності очищення стічних вод моторобудівного заводу від нафтопродуктів – на 56–71%. Уміст нафтопродуктів в очищеній воді зменшився (середні показники) з $1,361 \pm 0,309$ мг/дм³ до $0,419 \pm 0,094$ мг/дм³. Отримані дані підтверджують ефективність використання волокнистого носія «ВІЯ» з іммобілізованими мікроорганізмами та перифітонними організмами для очищення зливових стічних вод заводу АТ «Мотор Січ».

Головні висновки. У процесі біологічного очищення стічних вод моторобудівного заводу в перифітоні волокнистого носія «ВІЯ» було виявлено 13 структуроутворюючих видів, більшість із яких (85%) відноситься до інфузорій та коловерток. У градієнті досліджених температур стічної води (15,5–30,5 °C) у складі перифітону постійно зустрічались інфузорії *Paramecium caudatum* та нематоди *Nematoda* gen. sp., які були домінантами або субдомінантами. Еколого-морфологічна структура інфузорій протістоперифітону волокнистого носія була представлена головним чином рухомими перифітоно-бентосними організмами, які становили 50% від загальної кількості видів інфузорій. Упровадження розробленої технології біологічного очищення на очисних спорудах заводу АТ «Мотор Січ» забезпечує високу ефективність очищення стічних вод від нафтопродуктів на рівні 56–71%.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані дані можуть бути використані для подальшого впровадження запропонованої біотехнології на локальних очисних спорудах інших подібних промислових підприємств України для очищення нафтозабруднених стічних вод.

Література

1. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 291 с.
2. Гвоздяк П.І. Біохімія води. Біотехнологія води (автомонографія), Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2019. 228 с.
3. Гвоздяк П.І. Научное обоснование, разработка и внедрение в практику новых биотехнологий очистки воды. *Химия и технология воды*. 1998. Т. 20, № 1. С. 61–69.
4. Гвоздяк П.І., Могилевич Н.Ф., Любченко О.А. Очистка сточных вод от неорганических соединений азота иммобилизованными микроорганизмами. *Микробиол. журн.* 1994. Т. 56, № 4. С. 54–55.
5. Гвоздяк П.І. Спухання активного мулу: хто винен і що робити? *Вода і водоочисні технології*. 2006. № 3. С. 38–44.
6. Глоба Л.І., Гвоздяк П.І., Загорная Н.Б., Никовская Г.Н., Федорик С.М., Яблонская Л.И. Очистка природной воды гидробионтами, закрепленными на волокнистых насадках. *Химия и технология воды*. 1992. Т. 14, № 1. С. 63–67.
7. Глоба Л.І., Подорван Н.І. Біотехнологія очищення забрудненої природної води. *Вісник ОНУ*. 2001. Т. 6, вип. 4. С. 65–66.

8. Бляшина М.В. Анаэробно-аэробное очищение мисских стичных вод з використанням волокнистого носія : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.17.21 «Технологія водоочищення». Київ, 2015. 20 с.
9. Foissner W., Blatterer H., Berger H., Kohmann F. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems. Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*. 1991. Hf. 1. S. 1–478.
10. Foissner W., Berger H., Kohmann F. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems. Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*. 1992. Hf. 5. S. 1–502.
11. Foissner W., Berger H., Kohmann F. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems. Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*. 1994. Hf. 1. S. 1–548.
12. Foissner W., Berger H., Blatterer H., Kohmann F. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems. Band IV: Gymnostomata, Loxodes, Suctoria. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*. 1995. Hf. 1. S. 1–540.
13. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / под ред. В.Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
14. Домбровський К.О., Рильський О.Ф., Гвоздяк П.І. Структурна організація перифітону волокнистого носія «ВІЯ» при очищенні зливових вод від нафтопродуктів. *Гидробиол. журн.* 2020. Т. 56. № 1. С. 94–105.
15. Протисты и бактерии озер Самарской области / В.В. Жариков и др. ; под ред. В.В. Жарикова. Тольятти : «Кассандра», 2009. 240 с.
16. Drolka, M. et al. The Results of Mathematical Model and Pilot Plant Research of Wastewater Treatment, Model and Wastewater Treatment. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 2001. Vol. 15, Issue 2. P. 71–74.
17. Шевченко О.О., Крупко В.А., Клінцов Л.М., Іванова І.М. Моделювання ефективності роботи станції біологічного очищення стічних вод. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2014. Т. 5, № 10(71). С. 16–20.
18. Попова Л.А. Цилиоперифитон искусственных субстратов (гидротехнических сооружений) и его участие в передаче нефтяных углеводородов по пищевой цепи. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. 2012. Вып. 26(1). С. 81–87.