

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-04>

УДК 504.053:628.316.12:504.06

**І. В. ЗІНЧЕНКО<sup>1</sup>,**

завідувачка лабораторії міських та виробничих стічних вод

e-mail: [rfrfyutk@gmail.com](mailto:rfrfyutk@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8554-3300>

**О. Г. ВАСЕНКО<sup>1</sup>,** канд. біол. наук, доц.,

завідувач лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля

e-mail: [alexandr.vasenko@gmail.com](mailto:alexandr.vasenko@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8658-4144>

**О. В. БАБІЧ<sup>1</sup>,** канд. техн. наук,

провідний науковий співробітник лабораторії міських і виробничих стічних вод

e-mail: [lenysjababich@gmail.com](mailto:lenysjababich@gmail.com) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0821-1585>

**Л. С. АНГІНА<sup>1</sup>**

Інженер II категорії лабораторії міських і виробничих стічних вод

e-mail: [angina\\_ls@ukr.net](mailto:angina_ls@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1402-955X>

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», вул. Бакуліна 6, м. Харків, 61165, Україна

## МОНІТОРИНГ САМООЧИЩЕННЯ АКВАТОРІЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ І РІЧКИ МЕРЛО ЗА МІКРОБІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

**Мета.** Аналіз моніторингу самоочищення акваторії дельти Дунаю і малої річки Мерло (приток Ворскли) за мікробіологічними показниками.

**Методи.** Визначено якість та кількісну характеристику різних еколого-трофічних груп: загальне мікробне число (ЗМЧ) алохтонних і автохтонних мікроорганізмів; біологічні агенти: індекс бактерій групи кишкової палички, умовно-патогенні бактерії, бактерії р. *Salmonella* і віруси бактерій – коліфаги. За показником співвідношення (*Пс*) ЗМЧ автохтонних і алохтонних сапрофітних мікроорганізмів визначали динаміку і інтенсивність процесів самоочищення. Рівень трофності і сапробності у р. Мерло визначали за феноменологічними ознаками за методикою розробленою в УКРНДІЕП.

**Результати.** Встановлено, що найбільш інтенсивні процеси самоочищення спостерігались в акваторії дельти Дунаю вище м. Рені і в рукаві Бистрий. Найбільш забруднені водні ділянки – у Кілійському рукаві біля м. Ізмаїл, нижче м. Кілія і вище м. Вилкове (9-ий км). Проведені моніторингові дослідження річки Мерло, у районі скиду стічних вод підприємства харчової промисловості за гідробіологічними і мікробіологічними показниками визначили, що річка дуже забруднена, знаходиться під великим антропогенним навантаженням на водну екосистему і має низький *Пс*, що за ступенем сапробності і трофності річка в зоні скиду стічних вод відноситься до гіпертрофної і полісапробної. Після реконструкції очисних споруд на підприємстві харчової промисловості ситуація в місці скиду стічних вод змінилася: *Пс* збільшився з 1,1 до 3,2, а акваторію у пункті скиду віднесли до *полісапробної зони*, з ознаками *мезосапробної зони*, що свідчить про тенденцію до самоочищення.

**Висновки.** На процеси самоочищення впливають антропогенні джерела забруднення водних об'єктів. Водні екосистеми дельти Дунаю мають більш виражені тенденції до самовідновлення, ніж екосистеми малої річки Мерло (приток Ворскли). Встановлений позитивний вплив ефективного очищення виробничих стічних вод, які скидаються у річку, на *Пс*, а також трофічність і сапробність екосистем.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *поверхневий водний об'єкт, самоочищення, алохтонні, автохтонні, мікроорганізми, індикатор забруднення*

**Як цитувати:** Зінченко І. В., Васенко О. Г., Бабіч О. В., Ангїна Л. С. Моніторинг самоочищення акваторії дельти Дунаю і річки Мерло за мікробіологічними показниками. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 39. С. 39-54. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-04>

**In cites:** Zinchenko I. V., Vasenko O. H., Babich E. V., & Anhina L.S. (2023). Self-purification monitoring of the Danube delta and Merlo river aquatic water according to microbiological indicators. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (39), 39-54. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-04> (in Ukrainian)

© Зінченко І. В., Васенко О. Г., Бабіч О. В., Ангїна Л. С., 2023



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

### Вступ

Життя на нашій планеті залежить від збалансованих і стійких екосистем, у тому числі, прісноводних, які беруть участь у кругообігу води – очищають і захищають її ресурси. Але водні екосистеми уразливі і залежать від багатьох факторів, які мають природне і антропогенне походження. До основних природних факторів, що впливають на стійкість існування екосистем відносяться температура, прозорість, мінералізація води, розчинений кисень. До основних антропогенних факторів, які впливають на гідрологічний режим і якість води, відносяться хімічні речовини і біологічні агенти, які є наслідком сільськогосподарської діяльності, а також скидів у водні об'єкти неочищених або недостатньо очищених стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої і господарсько-побутової діяльності [1-5].

Значні обсяги скидання неочищених стоків обумовлюють також зменшення видового різноманіття та зростання маси стійких до забруднення гідробіонтів [6]. У звіті ООН, щодо виконання Цілей сталого розвитку (Ціль 6 «Чиста вода і санітарія») [7], відмічено, що у прісноводних екосистемах багатьох річних басейнів світу спостерігається надмірна кількість біогенних елементів, які викликають процеси евтрофікації, а велика кількість завислих речовин сорбує на собі забруднюючі речовини і бактерії, що значно погіршує якість води для її споживання людиною і негативно впливає на розвиток водних екосистем. Автори [8] відмічають, що стан малих річок є індикатором стану всієї річкової мережі кожної країни, а основними факторами деградації та забруднення малих річок є зміна гідрологічного режиму внаслідок замулення русел; екстенсивного використання водних ресурсів без урахування їх самовідновлення та самоочищення; використання старих технологій очищення промислових стоків, які є причиною антропогенного навантаження на річкові екосистеми.

Значний вплив, в останній час, оказують зміни клімату, у тому числі, тенденція прояву глобального потепління, що поступово, торкається гідрологічних і гідробіологічних характеристик водних об'єктів [9,10]. Діагностична оцінка температурного режиму показала, що прояви глобального

потепління особливо означились в «індустріальний період» ХХІ ст. [11].

Неймовірні збитки довкіллю і водним об'єктам наносять боєві дії, які відбуваються на території України! У водні об'єкти потрапляють небезпечні хімічні речовини від снарядів і трупні отрути. Внаслідок руйнування очисних споруд каналізаційних насосних станцій в населених пунктах, стічні води потрапляють до річок без будь-якого очищення. Неочищені скиди містять велику кількість органічних речовин, небезпечні для водного середовища детергенти, фосфати, сполуки азоту, а також яйця гельмінтів, патогенні бактерії і віруси. Таке забруднення може призвести до великих масштабів екологічної катастрофи і зробити прісну воду небезпечною для споживання.

До складу природних водних екосистем входять певні автохтонні біоценози, які складаються з численних біотипів, як вищих рослин і тварин, так найпростіших, водоростей, водних грибів, актиноміцетів, сапрофітних бактерій. Якщо умови існування водних об'єктів досить постійні, взаємозв'язки між мешканцями біоценозів стійкі та міцні. У випадку відхилення гідрологічного режиму водойми або забруднення води хімічними і біологічними агентами, з часом, відбуваються процеси самоочищення води і відновлення рівноваги водних екосистем [12, 13]. У процесі самоочищення відбувається зміна зон сапробності – від полісапробної (найбільш забрудненої) до  $\alpha$ -мезосапробної,  $\beta$ -мезосапробної і олігосапробної (відповідає сталому розвитку) [14]. Охолодження води вночі, знезараження води сонячним світлом і викиди забруднюючих речовин на берег вітром – це прояви процесів самоочищення, які природньо очищають водойми. Але діяльність людини збільшує антропогенне навантаження на водні об'єкти, і якщо негативний вплив подовжується досить довгий термін, то процеси самовідновлення гальмуються і можуть знищити автохтонний біоценоз. Забруднення, що надходять у водний об'єкт, викликають порушення природної рівноваги. Відновлення рівноваги – це складний комплекс фізичних, хімічних та біохімічних реакцій, який визначає самоочищення.

Значний обсяг забруднюючих органічних речовин, які не властиві природним

водам, скидається в ріки разом із промисловими й побутовими стоками. У санітарно-епідеміологічному відношенні найбільшу небезпеку становлять господарсько-побутові, фекальні стічні води харчових виробництв, шкіряних підприємств, біофабрик. Саме з ними в водойми потрапляють хвороботворні бактерії. Річна вода для цих алохтонних мікроорганізмів не є сприятливим середовищем для розмноження, тому наявність їх у водному середовищі є індикатором фекального забруднення, але вони певний час можуть виживати і зберігатися. Тривалість виживання патогенних бактерій залежить від їх фізіологічних властивостей, ступеня забруднення, наявності необхідних поживних речовин, температури води, сонячної радіації, а також від концентрації автохтонних сапрофітних мікроорганізмів – аборигенів водойми, які є їх конкурентами у харчовому ланцюгу. Наявність бактерій групи кишкової палички у воді свідчить не лише про антропогенне фекальне забруднення, а і про підвищений вміст органічних речовин, що виникає внаслідок відмирання гідробіонтів, здебільшого фітопланктону і водяних макрофітів [15]. Ідентифікація мікроорганізмів-індикаторів, оцінка загальної чисельності водного гетеротрофного бактеріоценозу, облік окремих груп мікроорганізмів (евтроф-

них, оліготрофних та вуглеводневих бактерій) та їх потенційної активності дає можливість визначити стан бактеріоценозу в різних водних екосистемах. З урахуванням того, що антропогенне навантаження на водні об'єкти постійно зростає і є фактором погіршення якості води і негативного впливу на водні екосистеми, їх рівноваги та сталого розвитку, актуальним є пошук оперативних мір щодо контролювання цих змін. У вирішенні цього питання може бути актуальними дослідження різних груп водних мікроорганізмів, їх співвідношення і морфологічний склад, як якісне оцінювання змін в водних екосистемах певних ділянок річок. Тому метою роботи є оцінка процесів самоочищення та санітарно-бактеріологічного стану за мікробіологічними показниками та індикаторними бактеріями у поверхневих водних об'єктах на прикладі ділянок великої ріки Дунай і малої річки Мерло (притоку Ворскли). Дослідження проводились напередодні війни, але під час бойових дій відбувається величезна шкода довкіллю, у тому числі, водному середовищу, і для запобігання подальшого пригнічення водних екосистем і можливості відновлення їх до безпечного стану, потрібно обов'язково здійснювати ефективну систему екологічного моніторингу водних об'єктів для своєчасного впровадження заходів щодо їх захисту.

### *Матеріали і методи*

Матеріали базуються на власноручних польових і лабораторних дослідженнях.

Предметом дослідження є процеси самоочищення поверхневих водних об'єктів (далі – водні об'єкти) за мікробіологічними показниками.

Процеси самоочищення спостерігались і порівнювались на ділянках великої і малої річок. Досліджували акваторію дельти Дунаю: вище м. Рені, рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл, біля м. Кілія, вище м. Вилкове) і рукав Бистрий (9-ий км). Моніторинг р. Дунай проводився протягом 2019 – 2021 рр.

Дослідження водних ділянок річки Мерло (біля м. Богодухів) проводили протягом 2020 – 2021 рр., у періоди до очищення стічних вод підприємства харчової промисловості, які потрапляли у річку, і після реконструкції очисних споруд на підприємстві з впровадженням сучасної технології очищення стічних вод на основі мето-

да флотації з застосуванням сатураційної води. Проби відбирали у місці скиду стічних вод, що відводилися від підприємства, а також вище скиду за 300 м (фонова точка) і нижче скиду за 300 м. Спостереження проводили у різні гідрологічні сезони (влітку, восени, навесні) і за рік, влітку, після впровадження сучасної системи очищення стічних вод. Методи дослідження – польові, мікробіологічні, гідрохімічні, гідробіологічні. Відбір проб води здійснювали із поверхневого горизонту водної товщі відповідно до ДСТУ [16].

Категорія водокористування водних об'єктів, що досліджувались – для купання, спорту і відпочинку населення, а також водойми в межах населених місць. Моніторингові дослідження проводили у різних сезонних режимах. Температура води під час відбору проб з р. Дунай була: у травні – (20 – 22) °С, липні – (26 – 27) °С, жовтні – (18 – 20) °С. Температура води під час відбору

проб з р. Мерло була: у травні – 20 °С, липні – 27 °С, жовтні – (19) °С.

Оцінювання екологічного і санітарно-бактеріологічного стану водних об'єктів проводили за наступною структурою мікробних угруповань: загальне мікробне число (ЗМЧ) автохтонної мікрофлори і ЗМЧ алохтонної мікрофлори, бактерії групи кишкової палички (БГКП), у тому числі, умовно-патогенні, лактозо-позитивна кишкова паличка (ЛКП), патогенні ентеробактерії на прикладі родини *Salmonella* і колифаги. Концентрацію бактерій, в одиниці обсягу води, вимірювали у кількості колонієутворюючих одиниць (КУО); концентрацію колифагів – у кількості бляшкоутворюючих одиниць

(БУО). Вимірювання мікробіологічних показників проводили із застосуванням стандартних методів, які прийняті у водній мікробіології [17, 18, 19].

Рівень трофності і сапробності у р. Мерло визначали за феноменологічними ознаками за методикою розробленою в УК-РНДІЕП [20]. Облік біопланктону в пробах води р. Мерли проводили за допомогою мікроскопічного методу дослідження (за збільшенням у 400 разів) з підрахуванням клітин в камері Горяєва.

Статистичну обробку експериментальних даних виконували в програмі Microsoft Excel.

### Результати і обговорення

Для оцінювання процесів відновлення і самоочищення, а також встановлення ступеня мікробіологічного забруднення досліджуваних ділянок акваторії дельти Дунаю і річки Мерло, в пробах води визначали ЗМЧ сапрофітних бактерій, які належали до автохтонної (власної) мікрофлори водних об'єктів і ЗМЧ алохтонної мікрофлори (сукупності мікроорганізмів, що потрапили ззовні із різних джерел забруднення), а також їх співвідношення. Чисельність автохтонних мікроорганізмів – це показник їх активності. Алохтонні мікроорганізми присутні у водоймі, лише якщо є постійне джерело їх надходження. Алохтонні і автохтонні мікроорганізми є конкурентами щодо живлення, тому мають антагоністичні відношення у результаті чого в досить чистих водоймах автохтонні мікроорганізми витісняють алохтонні. Показник співвідношення чисельності автохтонних і алохтонних груп мікроорганізмів (*Пс*) – є мікробіологічним показником самоочищення водного об'єкта, який дозволяє судити про динаміку і інтенсивність процесів відновлення водної екосистеми. Якщо *Пс* дорівнює «4» і вище, то, вважається, що природний біологічний баланс водних екосистем має позитивну тенденцію до відновлення. Ця різниця більш виражена при завершенні процесів самоочищення. Якщо чисельні значення обох груп близькі або показник нижче «4» – це свідчить про наявність джерела забруднення водного об'єкту органічними речовинами і біогенними елементами.

**Дослідження ділянок акваторії дельти Дунаю.** Сапрофітні гетеротрофні мікроорганізми здійснюють процеси деструкції

органічних сполук і таким чином беруть участь в самоочищенні водних об'єктів. Чисельність бактерій цієї екологічно-трофічної групи є показником їх активності. У пробах води визначали ЗМЧ автохтонних і алохтонних мікроорганізмів. Результати досліджень проб води з р. Дунай щодо ЗМЧ надані в табл. 1.

Визначено (табл. 1), що ЗМЧ всіх досліджуваних проб у цілому відповідало вмісту сапрофітних мікроорганізмів для кожного сезонного періоду – ( $10^3$  –  $10^6$ ) КУО/см<sup>3</sup>. Показник співвідношення ЗМЧ автохтонів і алохтонів досить варіював залежно від ділянки акваторії (Рис.1).

Так, *Пс*, який був більший за «4», спостерігався протягом всього періоду моніторингу лише в пробі води з акваторії Дунаю вище м. Рені і рукава Бистрий (9-ий км). Особливо високі значення показника відмічені в пробах, відібраних у травні вище м. Рені – 12,5. Це свідчить про те, що сапрофітні автохтонні мікроорганізми активно беруть участь у процесах самоочищення даних ділянок водного об'єкту. На інших ділянках, що досліджувались, навесні і улітку, відбувались повільні процеси самоочищення, особливо на ділянці рукава Кілійського вище м. Вилкове.

Восени показник самоочищення на цій ділянці наблизився до «4», а на останніх ділянках перевищив «4». Імовірно, температурний режим сприяв пригніченню розвитку алохтонної мікрофлори. Це свідчить про позитивну динаміку процесів самоочищення на цих ділянках за мікробіологічним показником.

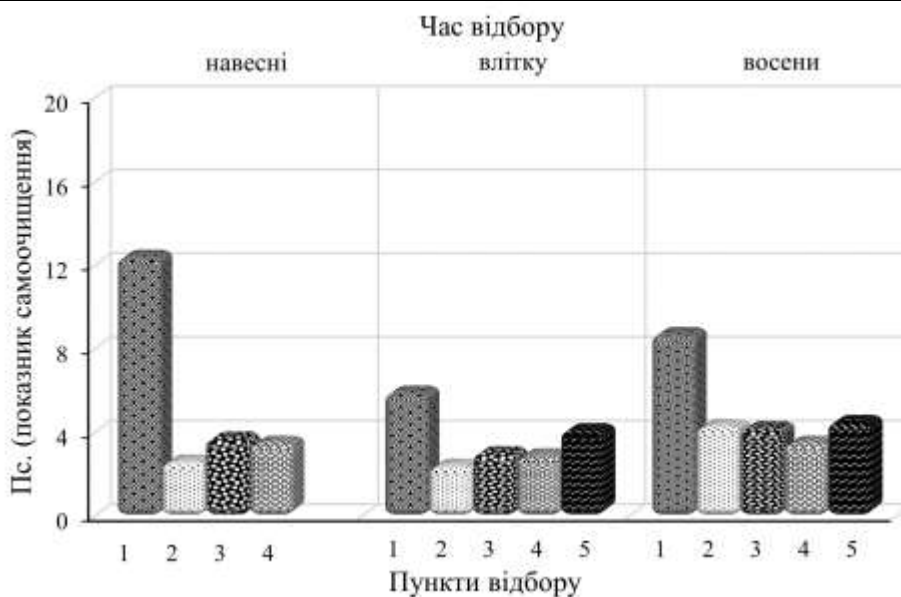
Таблиця 1

Результати досліджень ЗМЧ (КУО/см<sup>3</sup>) сапрофітних мікроорганізмів  
на ділянках акваторії Дунаю

Table 1

The results of studies of the TMC (CFUs/cm<sup>3</sup>) of saprophytic microorganisms  
in the areas of the Danube water area

Пункти відбору проб	Період відбору								
	травень			липень			жовтень		
	Автотони	Алохтони	Пс.	Автотони	Алохтони	Пс.	Автотони	Алохтони	Пс.
р. Дунай вище м. Рені	28700	2380	12,5	22670	3770	6,0	3700	420	8,8
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	1480	540	2,7	15000	6000	2,5	1800	410	4,4
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	24700	6492	3,8	43000	13670	3,1	4600	1060	4,3
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	4500	1250	3,6	35000	11670	3,0	2200	610	3,6
Рукав Бистрий (9-ий км)	–	–	–	21000	5000	4,2	4400	960	4,6



1 – р. Дунай вище м. Рені; 2 – рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл); 3 – рукав Кілійський (нижче м. Кілія);  
4 – рукав Кілійський (вище м. Вилкове); 5 – рукав Бистрий (9-ий км)

Рис. 1 – Динаміка *Pс* за період спостереження

1 – the Danube river above the city of Reni; 2 – Kiliysky arm (near the town of Izmail);  
3 – Kiliysky arm (below the city of Kili); 4 – Kiliysky branch (above the town of Vilкове);  
5 – Bystry branch (9th km)

Fig. 1 – *Ri* dynamics during the observation period

Результати підрахунку кількості лактозопозитивної кишкової палички (ЛЕП) та умовно-патогенних БГКП надані у таблицях 2 і 3.

За даними табл. 2 видно, ЛКП, які є індикатором фекального забруднення, при-

сутні в усіх пробах. Показник ЛКП, за винятком ділянки р. Дунай вище м. Рені навесні, у всіх водних об'єктах перевищував санітарні нормативи для водних об'єктів культурно-побутового водокористування.

Таблиця 2

Результати визначення індексу ЛКП (КУО/дм<sup>3</sup>) на ділянках акваторії р. Дунай

Table 2

The results of determination of the LEC index (CFUs/dm<sup>3</sup>) in the areas of the water area of the Danube River

Пункти відбору проб	Період дослідження		
	травень	липень	жовтень
р. Дунай вище м. Рені	5000	12000	6600
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	12000	31000	8330
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	30000	38000	7670
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	16000	48000	23000
Рукав Бистрий (9-ий км)	12000	13500	11300

Найбільше перевищення нормативних показників спостерігалось улітку в акваторії вище м. Вилкове – у (9,6 – 14) разів; біля м. Ізмаїл – у (6,1 – 9,2) разів; нижче м. Кілія – у (3,2 – 7,6) разів. Але і в інших кліматичних умовах спостерігався великий вміст ЛКП в акваторії рукава Кілійського біля великих міст. Це свідчить про надходження в водойми забруднення антропогенного походження, у тому числі, біологічного, що сприяє масовому розвитку бактерій в умовах наявності органічних речовин і біогенних сполук. У всіх пробах води були присутні умовно-патогенні ентеробактерії: *Proteus sp.*, *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, а також *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.* і *Enterococcus sp.* Видовий склад умовно-патогенних мікроорганізмів надано у таблиці 3.

Результати мікробіологічних аналізів показали, що окрім ентеробактерій, до яких відносяться ЛКП, *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, *Proteus sp.*, в пробах ідентифіковані *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.* і *Enterococcus sp.* У відсотковому відношенні ЛКП, що нормується санітарним законодавством, складала, більше 50% у воді р. Дунай вище м. Рені (літні і осінні проби), рукава Бистрого (весняні, осінні проби), рукава Кілійського біля м. Ізмаїл (літні проби). У пробах, відібраних із Кілійського рукава нижче м. Кілія і вище м. Вилкове переважали умовно-патогенні ентеробактерії. Представники таких угруповань мікроорганізмів, як *Citrobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Enterococcus sp.* у водні об'єкти потрапляють зі стічними комунальними водами, зливовими стічними водами і зі змивами з полів. Хоча, умовно-патогенні бактерії не норму-

ються, але їх високий вміст у воді викликає небезпеку для здоров'я населення і являє конкурентну харчову основу для аборигенних сапрофітних мікроорганізмів.

З неочищеними або недостатньо очищеними стічними водами в водні об'єкти потрапляють патогенні ентеробактерії родини *Salmonella*, які відносяться до дуже небезпечних збудників захворювань. Бактерії родини *Salmonella* виділяли із проб води методом накопичування, з наступною індикацією на селективних середовищах щодо властивостей цієї родини. Результати визначення збудників *Salmonella sp.* на ділянках дельти р. Дунай надані в таблиці 4.

Проведене тестування проб води свідчило про наявність *Salmonella sp.* у більшості пробах води, що досліджувались. Так, *Salmonella sp.* визначена у всіх пробах води з рукава Кілійський, що вище м. Вилкове і нижче м. Кілія; у пробах з рукава Бистрий (9-ий км) визначена улітку і восени; у пробах води, відібраних вище м. Рені і біля м. Ізмаїл – влітку. Наявність *Salmonella sp.* у воді свідчить про потенційну епідемічну загрозу. Але більш детальне визначення цих бактерій серологічним методом не було передбачено дослідженнями.

Коліфаги – віруси, які розмножуються у клітинах бактерій групи кишкової палички, з наступним її лізисом. Коліфаги знаходяться в кишечнику людини та тварин і в об'єктах довкілля, забруднених фекаліями, тому вони є показниками фекального забруднення води кишковими ентеробактеріями, а вміст їх нормується у поверхневих водних об'єктах. Результати визначення коліфагів надані в таблиці 5.

Таблиця 3

## Результати ідентифікації умовно-патогенних бактерій

Table 3

## Results of identification of opportunistic bacteria

Пункти відбору проб	Період дослідження		
	травень	липень	жовтень
р. Дунай вище м. Рені	ЛКП – 7,1%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp. i</i> <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>	ЛКП – 53,3%; умовно-патогенні: <i>Ентеробактер sp.</i> <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>	ЛКП – 86,8% ; умовно-патогенні: <i>Ентеробактер sp.</i> <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	ЛКП – 42,9%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 62,3%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 41,5%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	ЛКП – 48,4% ; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i>	ЛКП – 48,8%; умовно-патогенні: <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>	ЛКП – 9,7%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i>
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	ЛКП – 28,6 %; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 49,7%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 48,9%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>
Рукав Бистрий (9-ий км)	ЛКП – 80%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 13,7%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterococcus sp.</i>	ЛКП – 57,6%; умовно-патогенні: <i>Цитробактер sp.</i> , <i>Ентеробактер sp.</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>

Таблиця 4

Результати визначення збудників захворювань *Salmonella sp.*

Table 4

The results of determining the causative agents of *Salmonella sp.*

Пункти відбору проб	Період відбору проб		
	травень	липень	жовтень
	наявність або відсутність збудників		
р. Дунай вище м. Рені	-	+	-
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	-	+	-
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	+	+	+
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	+	+	+
Бистрий (9-ий км)	-	+	+
<b>Примітка.</b> «+» – визначені; «-» – відсутні			

Таблиця 5

Результати визначення колифагів (БУО/м<sup>3</sup>)

Table 5

Results of determination of coliphages (PFU/m<sup>3</sup>)

Пункти відбору проб	Період відбору проб		
	травень	липень	жовтень
р. Дунай вище м. Рені	450	990	385
Рукав Кілійський (біля м. Ізмаїл)	820	1000	200
Рукав Кілійський (нижче м. Кілія)	820	2833	333
Рукав Кілійський (вище м. Вилкове)	640	766	400
Бистрий (9-ий км)	580	733	268

**Примітка.** Воб'єктахгосподарсько-побутового водокористування в оздоровчих, рекреаційних, спортивних цілях, а також для водних об'єктів в межах населених пунктів вміст ЛКП не повинен перевищувати 100 БУО/дм<sup>3</sup> (додаток 11 до «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р. № 173)

З даних табл. 5 визначено, що в усіх пробах води величини колифагів перевищують нормативні вимоги (100 БУО/дм<sup>3</sup>). Найбільш забруднені індикаторними вірусами акваторії рукава Кілійського. Це може свідчити про небезпеку контамінації річної води іншими ентеровірусами.

**Оцінка стану річки Мерло за мікробіологічними показниками.** Р. Мерло – притока Ворскли, відноситься до малих річок, яка з часом становиться все більш мілководною. У річку потрапляють стічні води від підприємств, від неорганізованих джерел скиду, а також зливові води і змиви з полів. Скиди стічних вод підприємств найчастіше недостатньо очищені або без очистки взагалі, що дуже негативно впливає на стан водного середовища. Тому нашим завданням було спостереження за станом водного об'єкту, куди скидалися зворотні води від підприємства харчової промисловості і встановлення ступеня техногенного впливу їх на водний об'єкт до того, як на підприємстві впровадили сучасну прогресивну технологію очищення стічних вод і за рік, після реконструкції очисних споруд (ОС). У даній статті надана оцінка стану водного об'єкту тільки за мікробіологічними і гідробіологічними показниками У табл. 6 наведені результати дослідження ЗМЧ і БГКП у р. Мерло протягом різних гідрологічних сезонів і станом за рік після реконструкції ОС.

За даними таблиці 6 визначено, що ЗМЧ сапрофітних мікроорганізмів, як автохтонних, так і алохтонних у всіх пунктах

відбору, досить, високе. Найвищі показники спостерігались в пункті скиду виробничих стічних вод до реконструкції очисних споруд, число яких було на 2-log більше, ніж в фоновій точках. Також був дуже низький коефіцієнт відтворення, який не перевищував значення 3,8 у фонових точках відбору; нижче скиду складав – 1,6 – 2,6; а в пунктах скиду стічних вод – 1,1 – 1,5 (Рис. 2). Визначений дуже високий індекс БГКП, який складав (5 – 6)-log в пунктах відбору проб, що розташовані вище і нижче точки скиду стічних вод. У точці скиду індекс БГКП був ще вище (6 – 7)-log (2020 р). Тобто, значне перевищення нормативного санітарного показника для цієї категорії водного об'єкту, який складає 5000 КУО/дм<sup>3</sup>, спостерігалось по всій акваторії р. Мерло, що досліджувалась.

Це свідчить про постійне антропогенне забруднення водного об'єкту неочищеними або недостатньо очищеними стічними водами підприємств. Але, на підприємстві харчової промисловості була проведена реконструкція очисних споруд, внаслідок чого збільшилась ефективність очистки стічних вод, що відобразилось на мікробіологічних показниках в пробах води, які відбирались улітку за рік після реконструкції. Порівняно з тим самим періодом у минулому році *Ps* збільшився з 1.6 до 3.2, а індекс БГКП в пункті скиду стічних вод зменшився у 300 разів (на 2-log). Хоча нормативні значення для водного об'єкту цієї категорії досягнуті, все ж, не були (Рис. 2).



Таблиця 6

Величини показників мікробіологічного забруднення р. Мерло

Table 6

Values of indicators of microbiological pollution of the Merlot River

Показники	Величини показників мікробіологічного забруднення р. Мерло											
	навесні			влітку			восени			влітку, за рік, після реконструкції ОС		
	Вище пункту скиду (фон)	Пункт скиду стічних вод	Нижче пункту скиду	Вище пункту скиду (фон)	Пункт скиду стічних вод	Нижче пункту скиду	Вище пункту скиду (фон)	Пункт скиду стічних вод	Нижче пункту скиду	Вище пункту скиду (фон)	Пункт скиду стічних вод	Нижче пункту скиду
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЗМЧ автотонної мікрофлори, КУО/см <sup>3</sup>	18·10 <sup>5</sup>	36·10 <sup>6</sup>	86·10 <sup>5</sup>	18·10 <sup>6</sup>	11·10 <sup>7</sup>	16·10 <sup>6</sup>	13·10 <sup>5</sup>	95·10 <sup>6</sup>	16·10 <sup>6</sup>	11·10 <sup>6</sup>	25·10 <sup>5</sup>	81·10 <sup>5</sup>
ЗМЧ алохтонної мікрофлори, КУО /см <sup>3</sup>	47·10 <sup>4</sup>	24·10 <sup>6</sup>	49·10 <sup>5</sup>	10·10 <sup>6</sup>	98·10 <sup>6</sup>	10·10 <sup>5</sup>	50·10 <sup>4</sup>	86·10 <sup>6</sup>	82·10 <sup>5</sup>	31·10 <sup>5</sup>	78·10 <sup>4</sup>	31·10 <sup>5</sup>
Індекс БГКП, КУО /дм <sup>3</sup>	12·10 <sup>4</sup>	13·10 <sup>5</sup>	56·10 <sup>4</sup>	38·10 <sup>4</sup>	69·10 <sup>6</sup>	38·10 <sup>4</sup>	88·10 <sup>4</sup>	41·10 <sup>5</sup>	24·10 <sup>4</sup>	78·10 <sup>4</sup>	21·10 <sup>4</sup>	78·10 <sup>4</sup>

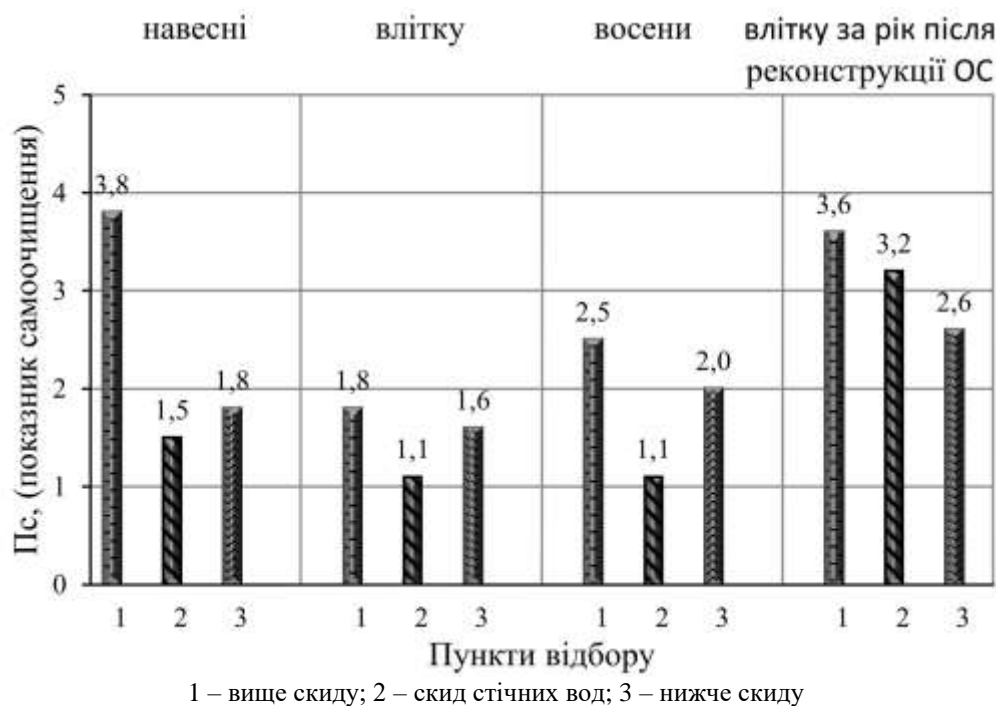


Рис. 2 – Динаміка  $P_c$  за період спостереження стану р. Мерло

1 – above reset; 2 – waste water discharge; 3 - below reset

Fig. 2 – Dynamics of  $R_i$  during the observation period of the state of the Merlo river

**Оцінка поверхневого водного об'єкту за показниками сапробності і трофності (еколого-санітарними критеріями).** Для оцінювання якості водного середовища відносно життєдіяльності біоти водного об'єкта визначали за показниками сапробності і трофності – комплексом фізіологічних властивостей організмів, який обумовлює здатність до їх розвитку в воді з різним вмістом органічних речовин і різним ступенем забруднення.

Органічні речовини, що потрапляють у водойму, розкладаються (переважно бактеріями) на воду, вуглекислоту і мінеральні речовини, які є поживними речовинами для організмів вищого порядку. Інтенсивність

розкладання відповідає рівню *сапробності*. А інтенсивність органічного синтезу відповідає рівню *трофності*. Фази процесу самоочищення в водоймах відповідають різним зонам сапробності і трофності, які залежать між собою і характеризуються різним складом біоценозу. Для кожної зони сапробності характерні специфічні види гідробіонтів, які вважаються її індикаторами.

Також, у цих пунктах відбору, проводились спостереження за гідро-біологічними показниками до очищення стічних вод (табл. 7) і після реконструкції очисних споруд на підприємстві і впровадження нової технології очищення (табл. 8).

Таблиця 7

Характеристика біопланктону в пробах, що досліджувались улітку до реконструкції очисних споруд

Table 7

Characteristics of bioplankton in the samples studied in the summer before the reconstruction of the treatment facilities

Об'єкт контролю	Переважаючі види гідробіонтів	Кількісна характеристика	Орієнтовна зона
Вода з р. Мерло в пункті скиду	Дуже багато сапрофітних мікроорганізмів, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), рухомі палички і коки; скупчення <i>Zoogloea</i> . З класу Protozoa: безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії – <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> , олігохети, водорість <i>Polytoma uvella</i> . Спостерігається детрит	Мікропланктон – 3,5 тис.кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 110 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона; ступень трофності – гіпертрофія
Вода з р. Мерло нижче пункту скиду	Не дуже велике біорізноманіття планктону: сапрофітні мікроорганізми, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), сірчані бактерії ( <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothris</i> ), рухомі палички і коки. Безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії типу <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> . Спостерігались синьо-зелені водорості	Мікропланктон – 15,0 тис. кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 16 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона; ступень трофності – гіпертрофія
Вода з р. Мерло вище пункту скиду (фонова)	Різноманіття планктону: сапрофітні мікроорганізми, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), сірчані бактерії ( <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothris</i> ), рухомі палички і коки. Безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії типу <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> , олігохети. Спостерігались синьо-зелені водорості і одиничні клітини діатомових водоростей	Мікропланктон – 75,0 тис. кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 18 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона з ознаками мезо-сапробної зони; ступень трофності – гіпертрофія і евтрофія

З таблиці 7 видно, що ділянки акваторії р. Мерло в пунктах скиду стічних вод і нижче скиду за гідробіологічними характеристиками відносяться до *полісапробної зони*, яка характеризується забрудненням переважно антропогенного характеру, при якому відбувається анаеробне гниття і інтенсивні процеси окиснення органічних речовин; ступінь трофності – гіпертрофія. Ділянці акваторії р. Мерло в пункті відбору вище скиду можна віднести також до *полісапробної зони*, але з ознаками *мезосапробної зони*, коли спостерігається мінералізація органічних домішок і тенденція до самоочищення; ступінь трофності – гіпертрофія і евтрофія.

З таблиці 8 видно, на ділянці р. Мерло в пункті скиду стічних вод ситуація де-

кілька покращилась і за гідробіологічними характеристиками була віднесена до *полісапробної зони* з ознаками *мезосапробної зони* з проявою тенденції до самоочищення; ступінь трофності – гіпертрофія і евтрофія.

Також збільшився *Іс* – від 1.1 до 3.2. (Рис. 2). Імовірно на якість води вплинули заходи з підвищення ефективності очищення на підприємстві, чий стічні води скидаються в р. Мерло. Ділянка р. Мерло, що нижче скиду, за характеристиками відповідала *полісапробній зоні*, яка характеризується забрудненням, переважно антропогенного характеру і при цьому відбувається анаеробне гниття і інтенсивні процеси окиснення органічних речовин.

Таблиця 8

Характеристика біопланктону в пробах, що досліджувались улітку, за рік, після реконструкції очисних споруд

Table 8

Characteristics of bioplankton in the samples studied in the summer, one year after the reconstruction of the treatment facilities

Об'єкт контролю	Переважаючі види гідробіонтів	Кількісна характеристика	Орієнтовна зона
Вода з р. Мерло в пункті скиду	Дуже багато сапрофітних мікроорганізмів, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), багато рухомих паличок і різних форм коків, скупчення <i>Zoogloea</i> . З класу Protozoa: безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії – <i>Paramecium</i> , з'явилися закріплені форми <i>Vorticella</i> , водорість <i>Polytoma uvella</i> . Спостерігається детрит	Мікропланктон – 11,2 тис.кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 2,7 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона з ознаками мезосапробної зони; ступінь трофності – гіпертрофія і евтрофія
Вода з р. Мерло нижче пункту скиду	Велике біорізноманіття планктону: сапрофітні мікроорганізми, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), сірчані бактерії ( <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothris</i> ), рухомі палички і коки. Безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії типу <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> , олігохети. Спостерігались сине-зелені водорості	Мікропланктон – 15,0 тис. кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 8,1 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона; ступінь трофності – гіпертрофія
Вода з р. Мерло вище пункту скиду (фонова)	Різноманіття планктону: сапрофітні мікроорганізми, у т.ч. нитчасті бактерії ( <i>Sphaerotilus</i> ), сірчані бактерії ( <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothris</i> ), рухомі палички і коки. Безбарвні рухомі джгутикові; багато найпростіших інфузорії типу <i>Paramecium</i> , не закріплені форми <i>Vorticella</i> , олігохети. Спостерігались сине-зелені водорості і одиничні клітини діатомових водоростей	Мікропланктон – 55,0 тис.кл/см <sup>3</sup> Бактеріопланктон – 11 млн. кл/см <sup>3</sup>	Полісапробна зона з ознаками мезосапробної зони; ступінь трофності – гіпертрофія і евтрофія

### Висновки

Ділянки акваторії ріки Дунай, що досліджувались, мають досить багато сапрофітної гетеротрофної мікрофлори, яка бере активну участь у процесах деструкції органічних речовин і самоочищенні водних об'єктів. ЗМЧ сапрофітних бактерій відповідало кількісній характеристиці для кожного сезонного періоду і складало від 3-log до 5-log. Але серед цих мікроорганізмів досить велика концентрація алохтонів, які потрапляють у воду зі скидами неочищених або недостатньо очищених стічних вод.

Позитивні значення показника мікробіологічного самоочищення (*Пс*) спостерігались на ділянках акваторії р. Дунай вище м. Рені і рукаву Бистрий (9-ий км) – від 5,6 до 12,5 і від 4,1 до 4,6, відповідно. Це свідчить про позитивну динаміку відновлення водної екосистеми за мікробіологічними показниками, тому що на цих ділянках досить міцний, гармонічний водний біоценоз, який поступово витісняє чужорідні організми. Найменший показник відновлення відмічений для акваторії рукава Кілійського біля м. Ізмаїл, нижче м. Кілія та м. Вілкове: *Пс* був не постійним і лиш інколи перевищував позначку «4» або тільки наближався до неї. Це свідчить про дуже повільні процеси самоочищення і наявне постійне джерело забруднення. Ймовірно на цій ділянці знаходиться постійне джерело надходження скидів біологічного і антропогенного забруднення.

Відмічена значна забрудненість різних ділянок дельти р. Дунай за індикаторними мікробіологічними показниками – БГКП, ЛКП і колифаги, що свідчить про наявність постійного антропогенного навантаження. Показники ЛКП і колифаги, що нормуються для поверхневих водних об'єктів, на всіх ділянках перевищували санітарні норми. Велика концентрація колифагів свідчила про можливе вірусне забруднення водойми у цілому.

Визначені та ідентифіковані умовно-патогенні мікроорганізми (орієнтовно: *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, *Proteus sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Enterococcus sp.*), вони не нормуються але у великій кількості є потенційно небезпечними для здоров'я людини.

У пробах, які були відібрані з рукава Кілійського на ділянках, що вище м. Вілкове, нижче м. Кілія і Бистрого (9-ий км) постійно ідентифікувались бактерії р. *Salmonella*. Також спостерігалась їх присутність у воді в липні біля м. Ізмаїл і вище м. Рені. Можна зробити висновок про досить значну забрудненість різних ділянок дельти р. Дунай за індикаторними мікробіологічними показниками – ЛКП і колифаги, що свідчить про фекальне і антропогенне навантаження на них. Також насторожує визначення патогенних ентеробактерій родини *Salmonella* у пробах всіх водних об'єктів, що досліджувались.

Протягом періоду спостереження малої річки Мерло відмічено постійний потужний антропогенний вплив на поверхневий водний об'єкт, що досліджувався. Внаслідок чого, самоочищення водних екосистем здійснюється дуже погано і повільно. Ділянку, що розташована нижче пункту скиду, за показником сапробності віднесли до полісапробної зони зі ступенем трофності – гіпертрофія, при цьому, відбувається анаеробне гниття і інтенсивні процеси окиснення органічних речовин. Ділянку акваторії в пункті скиду на початку спостереження віднесли також до полісапробної гіпертрофної. Після реконструкції очисних споруд на підприємстві харчової промисловості ситуація в місці скиду очищених стічних вод покращилась: *Пс* збільшився з 1,1 до 3,2, а акваторію у пункті скиду, як і фонову точку, віднесли до *полісапробної зони*, з ознаками *мезосапробної зони*, що свідчило про тенденцію до самоочищення, внаслідок впровадження сучасної технології очищення стічних вод.

Моніторинг за якісним і кількісним складом бактеріопланктону, у тому числі, індикаторних груп, а також визначення співвідношення автохтонних і алохтонних мікроорганізмів дозволить судити про зміни в екосистемі і може надати досить швидко оцінку щодо наявності постійного або точкового джерела забруднення водного об'єкту, прогнозувати розвиток процесів самоочищення, а також вжити заходів щодо усунення або зменшення антропогенного впливу на водний екобіоценоз.

**Конфлікт інтересів**

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію

**Список використаної літератури**

1. Васенко О.Г., Верниченко-Цветков Д.Ю., Коробкова Г.В., Поддашкін О.В. Уніфікована оцінка впливу об'єктів господарської діяльності на довкілля. *ГП «УХИИ». Углекислотний журнал*, 2019. № 1. С. 25 – 32. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukhj\\_2019\\_1-2\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukhj_2019_1-2_14)
2. Васенко О.Г., Гевлева О.Ю., Лунгу М.Л. Вплив на екологічний стан дельти р. Дунай. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. *Зб. наук. статей XV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 9-13 вересня 2019 р.)* / УКРНДІЕП. ПП «Стиль-Іздат», 2019. С. 72-76. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/Konfer2019.pdf>
3. Грищенко А.В., Зінченко І.В., Бабіч О.В., Коробкова Г.В. Гончаренко Я. М. Аналіз ступеня виконання природоохоронних заходів у сфері охорони вод від антропогенного забруднення за стратегією державної екологічної політики України на період до 2020 року. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2020. Вип. 34. С. 90 – 99. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-09>
4. Бабіч О.В., Зінченко І.В., Шостенко О.Ю., Кононенко К.С., Ангїна Л.С. Впровадження сучасних технологій локального очищення висококонцентрованих стічних вод для покращення екологічного стану водних об'єктів. *Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій Електронний ресурс: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 100-річчю ХНУМГ ім. О. М. Бекетова (м. Харків, 7 червня 2022 р.)* / Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 128 с. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/63449/>
5. Зінченко І. В., Бабіч О. В., Шостенко О. Ю., Кононенко К. С., Ангїна Л. С. Цітлішвілі К. О. Сучасні технології очистки стічних вод, які містять органічні сполуки, що важко розкладаються. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 15-16 вересня 2022 р.)* / УКРНДІЕП., 2022. С. 181 – 186. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2022.pdf>
6. Водна стратегія України на період до 2025 року. 2015. 46 с. URL: <https://www.nas.gov.ua/EN/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000009165>
7. Summary Progress Update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all 24 February 2021. URL: <https://www.unwater.org/publications/summary-progress-update-2021-sdg-6-water-and-sanitation-all>
8. Гринюк В. І. Дослідження процесів самоочищення правих приток річки Свічі басейну Дністра. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 3. С. 77 – 82. DOI:10.15421/40280316
9. Climate change and water un-water policy note . UN-Water Technical Advisory Unit, 2019. URL: [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN\\_Water\\_PolicyBrief\\_ClimateChange\\_Water.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN_Water_PolicyBrief_ClimateChange_Water.pdf)
10. Архипова Л. М., Пернеровська С. В. Прогноз гідрологічних параметрів водних об'єктів методом сингулярного спектрального аналізу. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2015. № 2. С. 45-50. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu\\_2015\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2015_2_8)
11. Лялько В. І., Слістратова Л. О., Кульбіда М. І., Апостолов О. А., Барабаш М. Б. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2015. №.6. С. 33–84. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdzz\\_2015\\_6\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdzz_2015_6_7)
12. Nzar Yaseen Nama Salih, Anwar Othman Mohammad, Fahmy Osman Mohammed. Study on the Self-purification of Tanjaro River. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 2021. Vol. 21. №.4. <https://doi.org/10.25130/tjas.21.4.7>
13. Васенко О.Г., Зінченко І.В., Карлюк А.А. Дослідження процесів самоочищення водних об'єктів Харківської області (на прикладі озер Лиманської групи і ділянки р. Сіверський Донець) за мікробіологічними характеристиками. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. /УКРНДІЕП; ХНУ імені В.Н. Каразіна - Х.: ПП «Стиль-Іздат», 2018. С. 85-98. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/sbornik2018.pdf>*
14. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П., Яцик А.В. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / К.: Символ-Т, 1998. 28 с. URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&R21DBN=1&R21DBN=2&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=1=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A084232\\$](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&R21DBN=1&R21DBN=2&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=1=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A084232$)

15. Уваєва О.І., Коцюба І.Г., Єльнікова Т.О. Гідробиологія: навчальний посібник. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. 196 с. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7931/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. ДСТУ ISO 5667-9:2005 Якість води. Відбирання проб. Частина 9. Настанови щодо відбирання проб води з річок та інших водотоків (ISO 5667-6:1990, IDT) URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64511](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511)
17. DSTU ISO 8199:2009 Water quality. General guidelines for counting microorganisms in culture (ISO 5667-1:1993, IDT) URL: <https://www.iso.org/>
18. ДСТУ ISO 9308-1:2005 Якість води. Виявлення та підрахування Escherichia coli та колиформних бактерій. Частина 1. Метод мембранного фільтрування (ISO 9308-1:2000, IDT) URL: <http://online.budstandart.com/ua>
19. Методичні вказівки "Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води". Наказ МОЗ України від 03.02.2005 № 60 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/>
20. Проект Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. УкрН-ДІЕП. Харків, 2012. 37 с.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2023

Стаття рекомендована до друку 12.06.2023

**I. V. ZINCHENKO<sup>1</sup>,**

Head of the Municipal and Industrial Wastewater Laboratory

e-mail: [rfrfyutk@gmail.com](mailto:rfrfyutk@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8554-3300>

**O. H. VASENKO<sup>1</sup>,** PhD (Biology),

Head of the Laboratory for Researching Ecological Sustainability of Environmental Objects

e-mail: [alexandr.vasenko@gmail.com](mailto:alexandr.vasenko@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8658-4144>

**E. V. BABICH<sup>1</sup>,** PhD (Technical),

Leading Researcher of the Municipal and Industrial Wastewater Laboratory

e-mail: [lenysjababich@gmail.com](mailto:lenysjababich@gmail.com) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0821-1585>

**L. S. ANHINA<sup>1</sup>**

II Category Engineer of the Municipal and Industrial Wastewater Laboratory

e-mail: [angina\\_ls@ukr.net](mailto:angina_ls@ukr.net) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1402-955X>

<sup>1</sup>Research institution "Ukrainian Research Institute of Environmental Problems",

6, Bakulina St., Kharkiv, 61165, Ukraine

**SELF-PURIFICATION MONITORING OF THE DANUBE DELTA AND MERLO RIVER  
AQUATARIES ACCORDING TO MICROBIOLOGICAL INDICATORS**

**Purpose.** Analysis of self-purification monitoring of the water area of the Danube delta and the small Merlo river (tributary of the Vorskla) according to microbiological indicators.

**Methods.** To evaluate the role of microorganisms in maintaining the homeostasis of aquatic ecosystems, to study the intensity of self-cleaning processes and bioindication of pollution, the qualitative and quantitative characteristics of various ecological and trophic groups were determined. The dynamics and intensity of self-cleaning processes were determined by the ratio indicator (*Ri*) of TBC of autochthonous and allochthonous saprophytic microorganisms. The level of trophicity and saprobity in the Merlo river was determined by phenomenological signs.

**Results.** It was established that the most intensive processes of self-purification were observed in the water area of the Danube delta above Reni city and in the Bystry branch. The most polluted water areas among studied were in the Kiliya branch near the town of Izmail, below the town of Kiliya and above the town of Vylkove (9th km). Monitoring studies of the Merlo river, in the area of the wastewater discharge in it of the food industry enterprise, were carried out according to hydrobiological and microbiological indicators. It was established that the river is very polluted, is under a large anthropogenic load on the water ecosystem and has a low ratio indicator (*Ri*). It was determined that according to the degree of saprobity and trophicity, the river in the wastewater discharge zone is related to hypertrophic and polysaprobic. After reconstruction of the treatment

facilities at the food industry enterprise, the situation at the wastewater discharge point changed:  $R_i$  has increased from 1.1 to 3.2, and the water area at the discharge point has been classified as a *polysaprobic zone*, with signs of a *mesosaprobic zone*, which indicates a tendency to self-purification.

**Conclusions.** It was established that the degree of self-cleaning processes is affected by anthropogenic sources of pollution of water bodies. The water ecosystems of the Danube delta have more pronounced tendencies to self-recovery than the ecosystems of the small Merlo river (a tributary of the Vorskla river). The positive impact of effective treatment of industrial wastewater discharged into the river on  $R_i$ , as well as on the trophicity and saprobity of ecosystems, has been established.

**KEYWORDS:** *surface water body, self-purification, allochthonous, autochthonous, microorganisms, pollution indicator*

### References

1. Vasenko, O., Vernichenko-Cvetkov, D., Korobkova, G., & Poddashkin, O. (2019). Unified assessment of the impact of objects of economic activity on the environment. *State enterprise "UKHYN". Carbon chemical journal*, 1, 25 – 32. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukhj\\_2019\\_1-2\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukhj_2019_1-2_14) (in Ukrainian).
2. Vasenko, O., Iyevleva, O., & Lungu, M. (2019). Impact on the ecological condition of the Danube Delta. *Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference: Environmental safety: problems and solutions*. (Kharkov, September 9-13, 2019, pp.72-76.) Kharkiv:USRIEP, Retrieved from <http://www.niep.kharkov.ua/sites/default/files/Konfer2019.pdf> (in Ukrainian).
3. Grytsenko, A., Zinchenko, I., Babich, O., Korobkova, G., & Honcharenko, Ya. (2020). Analysis of the degree of implementation of environmental protection measures in the field of water protection from anthropogenic pollution according to the strategy of the state environmental policy of Ukraine for the period until 2020. *Man and environment. Problems of neoecology*, (34), 90 – 99. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-09> (in Ukrainian).
4. Babich, O., Zinchenko, I., Shostenko, O., Kononenko, K., & Anhina, L. (2022). Implementation of modern technologies for local treatment of highly concentrated wastewater to improve the ecological state of water bodies. *Current issues of chemistry and integrated technologies Electronic resource: materials of international science and practice conf. dedicated to the 100th anniversary of O.M. Beketov NUUEKh (Kharkov, June 7, 2022)*/ Kharkov: O.M. Beketov NUUEKh, 128. Retrieved from <http://eprints.kname.edu.ua/63449/>(in Ukrainian).
5. Zinchenko, I., Babich, O., Shostenko, O., Kononenko, K., Anhina, L., & Tsytlivshvili, K. (2022). Modern wastewater treatment technologies that contain organic compounds that are difficult to decompose. *Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference: Environmental safety: problems and solutions*. (Kharkov, September 15-16, 2022, pp.181 – 186.). Kharkiv: USRIEP, Retrieved from <http://www.niep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2022.pdf> (in Ukrainian).
6. Water strategy of Ukraine for the period until 2025 (2015). Retrieved from <https://www.nas.gov.ua/EN/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000009165> (in Ukrainian).
7. Summary Progress Update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all 24 February 2021. Retrieved from <https://www.unwater.org/publications/summary-progress-update-2021-sdg-6-water-and-sanitation-all>
8. Grinyuk, V. (2018). Study of the processes of self-purification of the right tributaries of the Svichi River of the Dniester Basin. *Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*, 28(3), 77 – 82. <https://doi.org/10.15421/40280316>
9. Climate change and water un-water policy note. UN-Water Technical Advisory Unit. (2019) Retrieved from [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN\\_Water\\_PolicyBrief\\_ClimateChange\\_Water.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN_Water_PolicyBrief_ClimateChange_Water.pdf)
10. Arhipova, L., & Pernerovska, S. (2015). Prediction of hydrological parameters of water bodies by the method of singular spectral analysis. *Scientific Bulletin of the National Mining University*, 2, 45-50. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu\\_2015\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2015_2_8) (in Ukrainian).
11. Lyalko, V., Yelistratova, L., Kulbida, M., Apostolov, O., & Barabash, M. (2015). The greenhouse effect and climate change in Ukraine: assessments and consequences. *Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing*, 6, 33–84. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdzz\\_2015\\_6\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdzz_2015_6_7) (in Ukrainian).
12. Hama Salih, N. Y., Mohammad, A. O., & Mohammed, F. O. (2021). Study on the Self-purification of Tanjaro River. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 21(4), 54–62. <https://doi.org/10.25130/tjas.21.4.7>
13. Vasenko, O., Zinchenko, I., Karlyuk, A. (2018). Study of the processes of self-purification of water bodies of the Kharkiv region (on the example of lakes of the Lyman group and a section of the Siverskyi Donets river) according to microbiological characteristics. *Problems of environmental protection and environmental safety: coll. of science Ave. /UKRNDIEP*, 85-98. Retrieved from <http://www.niep.kharkov.ua/sites/default/files/sbornik2018.pdf> (in Ukrainian).

14. Romanenko, V., Zhukinskij, V., Oksiyuk, O., & Yacik, A. (1998). Methodology of environmental assessment of surface water quality by relevant categories. Retrieved from [http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&R21DBN=1&R21DBN=2&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=1=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A084232\\$](http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&R21DBN=1&R21DBN=2&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=1=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%A084232$) (in Ukrainian).
15. Uvayeva, O., Kocyuba, I., & Yelnikova T. (2020). Hydrobiology: a study guide. Retrieved from <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7931/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (in Ukrainian).
16. DSTU ISO 5667-9:2005 Water quality. Sampling of samples. Part 9. Guidelines for sampling water from rivers and other watercourses (ISO 5667-6:1990, IDT) Retrieved from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64511](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511) (in Ukrainian).
17. DSTU ISO 8199:2009 Water quality. General guidelines for counting microorganisms in culture (ISO 5667-1:1993, IDT) Retrieved from <https://www.iso.org/>
18. DSTU ISO 9308-1:2005 Water quality. Detection and counting of Escherichia coli and coliform bacteria. Part 1. Membrane filtration method (ISO 9308-1:2000, IDT) Retrieved from <http://online.budstandart.com/ua> (in Ukrainian).
19. Methodological guidelines "Sanitary and microbiological control of the quality of drinking water". Order of the Ministry of Health of Ukraine dated February 3, 2005 No. 60. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/> (in Ukrainian).
20. Project of Methodology for environmental assessment of surface water quality by relevant categories. (2012). UkrNDIEP. Kharkiv, Kharkiv: UkrRSIEP, (in Ukrainian).

The article was received by the editors 03.05.2023

The article is recommended for printing 12.06.2023