

УДК 556.531:556.115

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.46>

## ОЦІНКА РІЧКОВОЇ ВОДИ ТА ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ НА ОСНОВІ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

**Корнієнко В.І.** – д.б.н., професор,

директор Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
[orcid.org/0000-0003-0403-7727](https://orcid.org/0000-0003-0403-7727)

**Мідик С.В.** – к.вет.н., старший дослідник,

доцент кафедри гігієни тварин та харчових продуктів  
ім. проф. А. К. Скороходька,

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
[orcid.org/0000-0002-2682-2884](https://orcid.org/0000-0002-2682-2884)

**Семенко Л.О.** – к.с-г.н.,

доцент кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
[orcid.org/0000-0002-4586-3681](https://orcid.org/0000-0002-4586-3681)

**Вішован Ю.Ю.** – доктор філософії, зав. відділом мікробіологічних досліджень

Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
[orcid.org/0000-0003-1128-593X](https://orcid.org/0000-0003-1128-593X)

**Самкова О.П.** – заступник директора

Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
[orcid.org/0000-0002-2132-3357](https://orcid.org/0000-0002-2132-3357)

**Березовський О.В.** – к.с-г.н.,

старший науковий співробітник

Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
[orcid.org/0000-0002-0909-1119](https://orcid.org/0000-0002-0909-1119)

**Полтавченко Т.В.** – к.вет.н., доцент,

завідувач кафедри водних біоресурсів,  
Національний університет водного господарства  
та природокористування  
[orcid.org/0000-0001-8531-2924](https://orcid.org/0000-0001-8531-2924)

У статті представлено результати комплексного аналізу функціонування мікробних спільнот як фундаментальних компонентів гідро- та едафоекосистем. Доведено, що мікроорганізми виступають прецизійними біоіндикаторами антропогенного тиску. Особливу увагу приділено екологічним аспектам циркуляції патогенів, зокрема *Helicobacter pylori* та бактерій роду *Salmonella*. Встановлено, що водне середовище за умов низького соціально-економічного статусу територій стає критичним резервуаром інфекцій, де виживання збудників забезпечується їх переходом у стан «життєздатних, але



© Корнієнко В.І., Мідик С.В., Семенко Л.О., Вішован Ю.Ю., Самкова О.П., Березовський О.В., Полтавченко Т.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

некультивованих». Обґрунтовано, що такі адаптивні механізми, підсилені впливом глобальних теплових хвиль, можуть маскувати реальні рівні забруднення та сприяти неконтрольованому поширенню патогенів.

У контексті моніторингу ґрунтових екосистем проаналізовано динаміку оліготрофних груп мікроорганізмів (*Acidobacteria*, *Planctomycetes*). Встановлено, що їх висока чисельність є маркером стабільності циклів вуглецю та гомеостазу ґрунту. Водночас встановлено, що інтенсифікація хімічного навантаження пригнічує оліготрофну мікрофлору, стимулюючи розвиток копіотрофів, що призводить до деградації гумусу та втрати біологічної активності ґрунтів.

Методика дослідження базується на порівняльній характеристиці мікробіологічного стану мулу річок Дереновець та Левець. Аналіз показав, що екосистема р. Дереновець характеризується високим загальним мікробним числом при низькому рівні коли-індексу, що свідчить про домінування природної сапрофітної мікрофлори. Натомість для р. Левець виявлено суттєву просторову гетерогенність: на певних ділянках (Мул 1) зафіксовано підвищені показники бактеріального навантаження та присутність коліформних бактерій, що вказує на локальний антропогенний вплив. Спостережуване зростання мікробіологічних показників після етапів очищення вказує на ризики вторинної контамінації або технологічну недосконалість очисних процесів.

Відсутність *Escherichia coli* та *Salmonella* spp. у всіх зразках підтверджує санітарно-епідеміологічну безпеку об'єктів у період дослідження. Надійність отриманих даних верифікована розрахунками невизначеності випробувань, значення яких не перевищують гранично допустимих меж, що гарантує високу точність лабораторного аналізу та достовірність зроблених висновків.

**Ключові слова:** мікробіоценоз, гідро-екосистеми, антропогенне навантаження, екологічний моніторинг, донні відкладення

**Korniyenko V.I., Midyk S.V., Semenکو L.O., Vishovan Yu.Yu., Samkova O.P., Berezovsky O.V., Poltavchenko T.V. Assessment of river water and bottom sediments based on microbiological indicators**

The article presents the results of a comprehensive analysis of the functioning of microbial communities as fundamental components of hydro- and edapho-ecosystems. It has been proven that microorganisms serve as precision bioindicators of anthropogenic pressure. Special attention is paid to the ecological aspects of the circulation of pathogens, specifically *Helicobacter pylori* and bacteria of the genus *Salmonella*. It was established that in areas with low socio-economic status, the aquatic environment becomes a critical reservoir for infections, where the survival of pathogens is ensured by their transition into a "viable but non-culturable" (VBNC) state. It is substantiated that such adaptive mechanisms, reinforced by the impact of global heatwaves, can mask actual pollution levels and facilitate the uncontrolled spread of pathogens.

In the context of monitoring soil ecosystems, the dynamics of oligotrophic groups of microorganisms (*Acidobacteria*, *Planctomycetes*) were analyzed. It was established that their high abundance serves as a marker of carbon cycle stability and soil homeostasis. Concurrently, it was found that intensified chemical loading suppresses oligotrophic microflora while stimulating the development of copiotrophs, leading to humus degradation and the loss of biological activity in soils.

The research methodology is based on a comparative characterization of the microbiological state of the sediment in the Derenovets and Levets rivers. The analysis showed that the ecosystem of the Derenovets River is characterized by a high total microbial count (TMC) alongside a low coli-index, indicating the dominance of natural saprophytic microflora. In contrast, significant spatial heterogeneity was found for the Levets River: certain areas (Sediment 1) exhibited increased bacterial loads and the presence of coliform bacteria, indicating local anthropogenic impact. The observed increase in microbiological indicators following water treatment stages suggests risks of secondary contamination or technological imperfections in the treatment processes.

The absence of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in all samples confirms the sanitary and epidemiological safety of the sites during the study period. The reliability of the obtained data is verified by calculations of measurement uncertainty, the values of which do not exceed the maximum permissible limits, guaranteeing high precision of the laboratory analysis and the validity of the conclusions drawn.

**Key words:** microbiocenosis, hydro-ecosystems, anthropogenic load, oligotrophs, antibiotic resistance, *Salmonella*, sanitary-microbiological analysis, measurement uncertainty, environmental monitoring.

**Постановка проблеми.** Мікроорганізми є важливим компонентом гідроєко-систем, що реагує на різні види забруднення і може бути цінним показником за комплексного моніторингу якості довкілля [1].

Дослідження, проведені в країнах, що розвиваються, з низьким соціально-економічним статусом та поганим управлінням питною водою, свідчать про важливість факторів навколишнього середовища. Таким чином, вода може служити резервуаром для *H. pylori*, яка інфікує людей. Життєздатні, але некультивовані бактерії широко поширені в морському середовищі [2].

Також дослідженнями встановлено, що під час лабораторного культивування *H. pylori* накопичує генетичні зміни, які впливають на подальший фенотипічний аналіз [3].

Але за даними World Health Organization, аномальні теплові хвилі призводять до вирівнювання цих показників у поверхневих водах, що маскує антропогенне забруднення та сприяє розмноженню патогенів [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існують складні взаємодії між угрупованнями мікроорганізмів в епіфітних та осадових біоплівках в залежності від фізико-хімічних параметрів води [5]. Найстабільнішим компонентом поверхневих водойм є донні відклади, які здатні накопичувати політанти та можуть згодом спричинити вторинне забруднення води [6]. Мікроорганізми донних відкладень можуть відігравати роль індикаторів антропогенного навантаження на водойми. Дослідженнями виявлено в осадах найбільше анаеробних хемогетеротрофних прокаріотів і велику різноманітність некультивованих мікроорганізмів з невідомим метаболізмом, тоді як мікроорганізми метанового циклу були значно представлені у зразках з найнижчим антропогенним навантаженням [7].

За дослідженнями, які були проведені в Китаї відбувається зростання ризиків для здоров'я, спричинених зміною клімату та тенденцію до збільшення викидів вуглецю, що в свою чергу сприяє збільшенню оліготрофних груп (таких як *Acidobacteria* та *Planctomycetes*), які є ключовими у циклах вуглецю. Їхня висока чисельність свідчить про стабільність ґрунтових процесів. Збільшення хімічного навантаження на ґрунти пригнічує оліготрофів, стимулюючи копіотрофів і призводить до швидкої мінералізації гумусу та деградації ґрунту [8].

Тому, аналіз води нині включає скринінг на наявність генів резистентності до антибіотиків. У 2024 році було доведено, що стічні води є головним накопичувачем та розповсюдником резистентності в екосистемах [9].

Такі дослідження як виявлення сальмонели у воді або ґрунті є критичним показником епідемічної небезпеки. За дослідженнями Cristina García-Aljago було встановлено здатність сальмонел переходити у стан "життєздатних, але некультивованих" бактерій під дією сонячного випромінювання або дезінфектантів. Це означає, що класичні культуральні методи можуть давати хибнонегативні результати. Тому відповідно збільшуються ризики потрапляння мультирезистентних штамів *Salmonella* у поверхневі води через змиви з полів [10].

**Постановка завдання.** Метою роботи було проаналізувати донні відкладення (мул), а також воду з річок Коломийського району, Івано-Франківської області.

**Виклад основного матеріалу.** Для досліджень на мікробіологічні показники проби води і донних відкладень (річкового мулу) були відібрані з річки Дереновець (територія села Стрільче, Коломийський район, Івано-Франківська область).

Мікробіологічні показники ґрунту: загальне мікробне число визначали відповідно до ISO 6222:1999 [11] *Escherichia coli* і колиформи згідно з ISO 9308-2:2012 [12]. Сальмонелу визначали відповідно до ISO 19250:2010 [13].

Провівши аналіз результатів відібраних зразків на мікробіологічні показники річкової води, відібраної з двох гідрологічних об'єктів – річки Левиць (до та після очищення) і річки Дереновець були визначені основні мікробіологічні показники, що характеризують санітарно-гігієнічний стан водного середовища: загальне мікробне число при температурі 37°C та 22°C, чисельність оліготрофних мікроорганізмів, коли-індекс, наявність *Escherichia coli* та патогенних бактерій роду *Salmonella*. Також проаналізовано показник невизначеність випробувань, що підтверджує метрологічну достовірність проведених вимірювань.

Так як показник загального мікробного числа при температурі інкубації 37°C є важливим показником, який характеризує наявність мікроорганізмів та впливає на оцінку санітарного стану об'єкта дослідження. За даною методикою при виявленні проходження інкубація при 37°C протягом 24 годин утворюються мезофільні мікроорганізми. До них відносять бактерії, а оптимальна температура росту потрібна бути в діапазоні 25–40°C. Було встановлено збільшення числа колоній при цій температурі, що свідчить про ймовірне забруднення антропогенною мікрофлорою, тобто мікроорганізмами та появу джерела забруднення.

Оцінка мікробіологічних показників річкової води з річок Левиць та Дереновець наведена в таблиці 1.

Було встановлено, що у пробі річкової води до очищення (р. Левиць) зафіксовано загальне мікробне число на рівні  $1,4 \times 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>, що відповідає помірному мікробному навантаженню. Після проведення процесу очищення концентрація мікроорганізмів збільшилась до  $1,9 \times 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>, що може бути зумовлено вторинним бактеріальним ростом у фільтраційних системах або недостатньою ефективністю дезінфекційного етапу. У воді річки Дереновець показник становив  $2,4 \times 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>, що свідчить про значно вищий рівень бактеріального обмінення, ймовірно пов'язаний із природним біогенним навантаженням або локальним антропогенним впливом в період військового стану. Показники невизначеності коливались у межах  $\pm(0,3-0,4) \times 10^1$  КУО/см<sup>3</sup> та підтверджують точність отриманих результатів.

Такий показник, як загальне мікробне число при 22°C вказує на наявність сапрофітних мікроорганізмів, які живуть і розмножуються у водному середовищі. Їхня кількість характеризує загальний рівень бактеріального забруднення та ефективність очищення води. Це створює занепокоєння про наявність органічних речовин у воді, які є джерелом живлення для цих мікроорганізмів.

У пробах річкової води до очищення цей показник становив до очищення води з річка Левиць  $1,3 \times 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>, тоді як після очищення –  $2,6 \times 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>. Збільшення цього показника може бути пов'язано з декількома причинами: недостатньою очисткою, проблемами в системі водопостачання або вторинне забруднення та наявністю органічних домішок.

Для річки Дереновець цей показник дорівнює  $3,2 \times 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>, що свідчить про високу біологічну активність природного середовища. Показник невизначеності вимірювань був  $\pm(0,3-0,6) \times 10^1$  КУО/см<sup>3</sup> та вказує на достовірність експериментальних даних.

Наступним показником було визначено чисельність оліготрофних мікроорганізмів. Вони є представниками природної водної мікробіоти, здатними розвиватися за умов низької концентрації органічних речовин. У всіх відібраних зразках – вода до очищення, після очищення річки Левиць та вода річки Дереновець – чисельність оліготрофів коливалась від 2,0 до  $2,2 \times 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>. Незначні відхилення показників можуть бути обумовлені коливаннями температури або

Таблиця 1

Оцінка мікробіологічних показників річкової води з річок Левець та Дереновець

№	Показники	Вода річкова (р. Левець, до очистки)	Вода річкова (р. Левець, після очистки)	Вода річкова (р. Дереновець)	Невизначеність випробувань		
					Вода річкова (р. Левець, до очистки)	Вода річкова (р. Левець, після очистки)	Вода річкова, р. Дереновець
1	Загальне мікробне число при $t^{\circ}=37^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{КУО}/\text{см}^3$	$1,4 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$2,4 \times 10^5$	$\pm 0,3 \times 10^1$	$\pm 0,3 \times 10^1$	$\pm 0,4 \times 10^1$
2	Загальне мікробне число при $t^{\circ}=22^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{КУО}/\text{см}^3$	$1,3 \times 10^4$	$2,6 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$\pm 0,6 \times 10^1$	$\pm 0,3 \times 10^1$	$\pm 0,4 \times 10^1$
3	Чисельність оліготрофних мікроорганізмів на $^{\circ}\text{ГА}$ , тис. $^{(2)}$ КУО/г ґрунту	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	$\pm 0,6 \times 10^1$	$\pm 0,5 \times 10^1$	$\pm 0,6 \times 10^1$
4	Колі-індекс (загальна кількість коліформних бактерій в $1000 \text{ см}^3$ води)	7500	45000	200	в довірчих межах 14 – 230 на 95 % рівні вірогідності	в довірчих межах 71 – 2400 на 95 % рівні вірогідності	в довірчих межах 35 – 470 на 95 % рівні вірогідності
5	Визначення <i>Escherichia coli</i> в $1000 \text{ см}^3$	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	-	-	-
6	Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в $1000 \text{ см}^3$	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	-	-	-

гідрохімічних параметрів середовища. Наявність високої кількості оліготрофів вказує на стійкість природної мікробіоти, які відбуваються у процесах самоочищення води. Невизначеність вимірювань у межах  $\pm(0,5-0,6) \times 10^1$  КУО/см<sup>3</sup> свідчить про високу точність визначень.

Колі-індекс відображає рівень фекального забруднення води і визначає кількість коліформних бактерій у 1000 см<sup>3</sup> зразка. Для річкової води до очищення річки Левець цей показник становив 7500, що свідчить про помірний ступінь контамінації. Після очищення концентрація коліформних бактерій значно зросла до 45000, що може бути спричинено в результаті вторинного мікробного забруднення у процесі неефективної фільтрації. У воді річки Дереновець колі-індекс був суттєво нижчим 200, що вказує на чистіший гідроекологічний стан водойми. Зазначені довірчі межі (14–230; 71–2400; 35–470) при 95 % рівні вірогідності в залежності від відібраних проб підтверджують інформативність результатів і статистичну достовірність вимірювань.

У всіх відібраних пробах *Escherichia coli* не виявлено, що свідчить про відсутність свіжого фекального забруднення. Незважаючи на те, що попри підвищеному загальному мікробному числі, у воді не фіксується наявність санітарно-показових бактерій, властивих каналізаційним стокам. Такий результат відповідає санітарним нормам і вказує на епідеміологічну безпечність води у момент відбору проб. Також у всіх трьох пробах води патогенні мікроорганізми, включаючи бактерії роду *Salmonella*, не виявлено. Це свідчить про відсутність ризику інфекційного забруднення та епідемічної небезпеки у досліджених ділянках. Отримані результати є свідченням задовільного санітарного стану водойм, а також підтверджують ефективність природних процесів біологічного самоочищення.

Проведення мікробіологічних досліджень мулу з різних ділянок річок є важливим інструментом для оцінки екологічного стану водойми, її здатності до самоочищення, а також для виявлення джерел забруднення. Мул накопичує органічні та неорганічні речовини, тому характеристика мікрофлори відображає довготривалі зміни, в порівнянні з мікрофлорою води, яка швидко змінюватися. Тому нами було відібрано зразки мулу з річки Левець, та з річки Дереновець. В таблиці 2 подано порівняльну характеристику мікробіологічних показників мулових відкладів, відібраних із двох ділянок річки Левець мул 1 і мул 2 та однієї ділянки річки Дереновець.

Наведені дані відображають санітарно-біологічний стан досліджуваних проб, який дозволяє оцінити рівень мікробного забруднення донних відкладів у межах досліджуваних водойм.

Досліджували загальну кількість бактерій на м'ясо-пептонному агарі за такими показниками: загальна кількість бактерій була встановлена у мулі річки Дереновець та становила 20,7 млн КУО/г, що вказує на інтенсивні процеси розкладання органічної речовини в цьому зразку. У зразку Мул 1 річки Левець цей же показник становить 15,6 млн КУО/г, тоді як у Мулі 2 р. лише 2,0 млн КУО/г. Було встановлено різницю між ділянками однієї річки але при відборі в двох точках: перший зразок характеризується значно вищим мікробним навантаженням, що може бути пов'язано з локальними джерелами органічного забруднення або уповільненим водообміном. Невизначеність вимірювань для цього показника становить від  $\pm 0,35$  до  $\pm 1,59$ , що свідчить про достатню відтворюваність результатів і прийнятний рівень довіри до отриманих даних.

Наявність бактерій групи кишкових паличок у воді є ознакою недавнього забруднення стічними водами або відходами тваринництва. Під час дощів, танення снігу

Таблиця 2  
**Характеристика мікробіологічних показників мулу з різних ділянок річок Левець та Дереновець**

№	Показники	Мул 1 (річка Левець)	Мул 2 (річка Левець)	Мул, річка Дерено-вещь	Невизначеність випробувань		
					Мул 1 (річка Левець)	Мул 2 (річка Левець)	Мул (річка Дереновець)
1	Загальна кількість бактерій на м'ясо-пептонному агарі, млн (°)КО/г	15,6	2,0	20,7	±1,59	±0,48	±0,35
2	Визначення бактерій групи кишкових паличок (БГКП), (°)colі-титр), в 1 г	0,00013	Не виявлено	Не виявлено	в довірчих межах 14 – 230 на 95 % рівні вірогідності	-	-
3	Визначення <i>Escherichia coli</i> в 1 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	-	-	-
4	Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 50 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	-	-	-

або інших видів опадів, кишкова паличка може разом з потоком води потрапити в струмки, річки, озера, або ґрунтові води. Потім ці води можуть бути використані як джерело питної води, а через недостатню якісну очистку води на комунальних підприємствах, кишкова паличка разом з водою йде в будинки простих людей. Аналізуючи мул річки Левець було зафіксовано наявність бактерій групи кишкових паличок із солі-титром 0,00013. Це свідчить про наявність слідів фекального забруднення або антропогенного походження такого, як стічні води, побутові відходи, несанкціоновані скиди. Натомість у другому зразку мулу річки Левець та у мулі річки Дереновець їх не виявлено, що підтверджує відносно чистіші умови середовища. У таблиці 2 вказано, що результати перебувають у довірчих межах 14–230 на 95 % рівні вірогідності, що відповідає вимогам метрологічної достовірності мікробіологічних досліджень.

При аналізі зразків на бактерії *Escherichia coli* та *Salmonella* у всіх трьох зразках — Мул 1 (р. Левець), Мул 2 (р. Левець) та Мул (р. Дереновець) — бактерії не виявлено. Це свідчить про відсутність активного фекального забруднення та відносну стабільність санітарно-гігієнічного стану мулових відкладів у досліджуваній період. А також показник епідеміологічної безпеки, який засвідчує відсутність загрози поширення збудників інфекцій через донні відклади. Відсутність *Salmonella spp.* підтверджує, що досліджені водойми не зазнають інтенсивного впливу побутових чи тваринницьких стоків, які часто є джерелом таких патогенів.

**Висновки.** Донні відкладення (мул) річки Левець демонструють значну варіабельність мікробіологічних показників залежно від місця відбору проби.

Відібрані зразки з річки Левець демонструють збільшення бактеріальних показників після процесу очищення.

Річка Дереновець має вищу загальну чисельність бактерій, однак без ознак фекального або патогенного забруднення та характеризується вищим загальним мікробним числом, але нижчим рівнем колі-індексу, що свідчить про природне походження мікробіоти без значного антропогенного впливу.

Отримані невизначеності випробувань підтверджують достовірність даних, оскільки варіації не перевищують встановлених метрологічних меж.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Савенко М.В., Кривцова М.В., Федурця О.І. Вплив антропогенного навантаження на структуру мікробіоценозу річки Уж (Україна). *Екологічні науки*. 2021. №4(37). С. 52–59.
2. Engstrand L. Helicobacter in water and waterborne routes of transmission. *Journal of Applied Microbiology*. 2001. Vol. 90. Is. S6, P. 80S–84S. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01356.x>
3. Wylie M.R., Gilbreath J.J., Melton-Celsa A., Merrell D.S. Correlation versus causation: Helicobacter pylori population heterogeneity complicates the identification of mutant strain phenotypes. *mSphere*, 2026. Vol.11. P. e00638-25. <https://doi.org/10.1128/msphere.00638-25>
4. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. World Health Organization. 2022. 622 p. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/69c17edd-ee26-425b-9d34-33799377e886/content>
5. Manirakiza B., Zhang S., Addo F.G., Yu M., Alklaf S.A. Interactions between water quality and microbes in epiphytic biofilm and superficial sediment of lake in trophic agriculture area. *Sci. Total Environ.* 2024. Vol. 912. P. 169321
6. Люта Н. Г., Саніна І. В. Особливості розподілу вмісту важких металів у донних відкладах у різних природно-антропогенних умовах. Мінеральні ресурси України. 2023. №1. С. 35-38.

7. Samylina O. S., Gabyshev V. A., Kosyakova A. I., Kadnikov V. V., Beletsky A. V. & Pimenov N. V. Microbial Communities of Bottom Sediments of Alas Lakes of Central Yakutia as Indicators of Agricultural Load. *Microbiology*. 2024. Vol. 93, 8-14.
8. Zhang S., Zhang C., Cai W. et al. The 2023 China report of the *Lancet* Countdown on health and climate change: taking stock for a thriving future. *The Lancet Public Health*, 2023. Vol. 8, p. e978-e995.
9. European Environment Agency. European bathing water quality in 2023. 2024. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-bathing-water-quality-in-2023>
10. Boulainine D., Benhamrouche A., Ballesté E., Mezaache-Aichour S., García-Aljaro C. Fate of antibiotic resistance genes under different wastewater treatments and environmental conditions in an Algerian watershed. *Environmental Pollution*, 2025. Vol. 374. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126179>
11. ISO 6222:1999 Water quality – Enumeration of culturable micro-organisms – Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium.
12. ISO 9308-2:2012. Water quality – Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria – Part 2: Most probable number method
13. ISO 19250:2010 Water quality – Detection of *Salmonella* spp.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026