

УДК 556.3:504.4.054

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2026-7-2>

ГІДРОХІМІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧКИ ДНІПРО В РАЙОНІ СКИДУ ПІДЗЕМНИХ І ПОВЕРХНЕВИХ СТОКІВ

Максимова Наталія Миколаївна,

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

ORCID ID: 0000-0003-1684-7479

Петрушина Галина Олександрівна,

кандидат хімічних наук, доцент,

доцент кафедри хімії

Дніпровського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0000-0001-5508-5193

Базель Ярослав Рудольфович,

доктор хімічних наук, професор,

професор кафедри аналітичної хімії

Ужгородського національного університету;

професор інституту хімічних наук

Університету Павла Йозефа Шафаріка, м. Кошице, Словацька Республіка

ORCID ID: 0000-0002-0745-3075

У роботі здійснено оцінку якості поверхневих вод р. Дніпро в районі скиду стоків з дренажного колектора житлового масиву м. Дніпро. Актуальність дослідження зумовлена регулярним надходженням специфічних забруднювачів, а саме аніонних (АПАР) та неіоногенних (НПАР) поверхнево-активних речовин, у складі дренажних стоків урбанізованих територій, а також необхідністю оцінки їх впливу на стан водних об'єктів у межах великих промислових міст. Відбір проб води проводили з дренажного колектора та у р. Дніпро, вище точки скиду. Лабораторні дослідження виконано у сертифікованій науково-дослідній лабораторії гідроекології із застосуванням стандартизованих методів: гравіметричного, титриметричного, потенціометричного, спектрофотометричного та інших. Встановлено, що більшість досліджених показників, а саме сухий залишок, жорсткість, хлориди, катіони натрію, лужність, водневий показник, у воді з колектора перевищують фонові значення річки, проте не виходять за межі нормативних вимог, що відповідає типовому хімічному складу підземних вод. Критичними є показники вмісту ПАР: концентрація АПАР у воді колектора наближається до ГДК, тоді як вміст НПАР перевищує допустиме значення більш ніж у 50 разів у воді колектора та більш ніж у 30 разів – у річковій воді, що свідчить про активне забруднення водного об'єкта. Отримані результати підтверджують необхідність модернізації систем водовідведення поверхневого та підземного стоку з територій щільної міської забудови і відповідають пріоритетам державної екологічної політики України у сфері охорони водних ресурсів.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, аніонні поверхнево-активні речовини, неіоногенні поверхнево-активні речовини, дренажний колектор, річка Дніпро, якість поверхневих вод, урбанізована територія, моніторинг водних ресурсів.

Maksymova Nataliia, Petrushyna Halyna, Basel Yaroslav. Hydrochemical assessment of the water quality of the River Dnieper in the area where underground and surface water discharge

This study assesses the quality of surface water in the River Dnipro in the vicinity of the discharge point from the drainage collector serving a residential area in the Dnipro City. The relevance of the study stems from the regular influx of specific pollutants, namely anionic and non-ionic surfactants, in the drainage effluent from urbanised areas, as well as the need to assess their impact on the condition of water bodies within large industrial cities. Water samples were collected from the drainage collector and from the River Dnipro, upstream of the discharge point. Laboratory analyses were carried out in a certified hydroecological research laboratory using standardised methods: gravimetric, titrimetric, potentiometric, spectrophotometric and others. It was established that most of the parameters studied, namely dry residue, water hardness, chlorides, sodium cations, alkalinity, and pH, in the water from the collector exceed the river's background values, but do not exceed regulatory limits, which corresponds to the typical chemical composition of groundwater. The levels of surfactants are of critical concern: the concentration of anionic surface-active substances in the collector water is approaching the maximum permissible concentration,

whilst the concentration of non-ionic surfactants exceeds the permissible limit by more than 50 times in the collector water and by more than 30 times in the river water, indicating active pollution of the water body. The results obtained confirm the need to modernise surface and groundwater drainage systems in densely built-up urban areas and are in line with the priorities of Ukraine's state environmental policy in the field of water resources protection.

Key words: *surfactants, anionic surface-active substances, non-ionic surface-active substances, drainage collector, Dnipro River, surface water quality, urbanised area, water resources monitoring.*

Вступ. Стан водних об'єктів у межах урбанізованих територій залишається актуальною науково-практичною задачею, на розв'язання якої покликана, у тому числі, Державна цільова екологічна програма технічної модернізації підприємств водовідведення та очищення стічних вод на період до 2034 р. [1]. Метою Державної програми є покращення якості води водних об'єктів шляхом зменшення обсягів скидання неочищених стічних вод і технічної модернізації підприємств, що є складовою виконання євроінтеграційних зобов'язань та досягнення Цілі сталого розвитку № 6 «Чиста вода та належна санітарія» [1-2].

Проблема погіршення якості водних ресурсів безпосередньо пов'язана з інтенсивним розвитком урбанізації [3]. Аналіз досліджень басейну Південного Бугу [4] виявив кумулятивний ефект забруднення переважно промислового походження, що знижує якість води, погіршує стан екосистем і потребує постійного моніторингу та впровадження сучасних технологій очищення.

За результатами досліджень впливу очищених стічних вод на річку Крка, Словенія, автори [5] виявили, що очищені промислові стоки містили велику кількість органічних забруднень, які майже не піддавалися біологічному розкладанню, органічного азоту, аміаку та фосфору, а іноді й цинку. Загальний вплив скидів очищених промислових та муніципальних стічних вод обумовив створення сприятливих умов для розвитку евтрофікації р. Крка.

Схожі закономірності характерні й для р. Дніпро, яка зазнає впливу зливових і каналізаційних стічних вод у межах значних за площею урбанізованих водозборів [3, 6].

Про негативний вплив урбанізації на якість ґрунтових вод на прикладі Ченнаї, Індія, писали автори [7]. На теперішній час м. Ченнаї відчуває широкий спектр екологічних проблем, включаючи забруднення підземних вод і наслідки їх виснаження, що обумовлено, зокрема, стрімкою втратою озеленення населеного пункту.

В межах населеного пункту на Черкащині також відмічається незадовільний стан підземних вод, що було виявлено на підставі моніторингу складу і властивостей колодязної води [8].

Автори [9] проаналізувавши якість води річки Інд, Пакистан, та виявили, що відповідальними

факторами впливу на варіації якості води в регіоні є забруднення антропогенного походження, поверхневий стік, обумовлений випадінням атмосферних опадів, та ерозія ґрунту.

Хоча в умовах недостатнього водозабезпечення територій існує доволі поширена практика збору дощової води, що відображається на відповідній державній політиці, наприклад в Австралії, Індії, США, та розробці законодавчих вимог на місцевому, державному та національному рівнях щодо регулювання збору дощової води [10].

Слід зауважити, що якісний склад і властивості поверхневих вод характеризується мінливістю. Наприклад, дослідники [11] на підставі аналізу просторово-часових тенденцій якості води на ділянці річки Бхагіраті-Хуглі, Західна Бенгалія, Індія, виявили що якість води в сільській місцевості була кращою, ніж з промисловою і міською забудовою, а також показує, що якість води була кращою протягом періоду після мусону, ніж до мусону.

Інтенсивна забудова міських територій, розвиток промисловості та побутової інфраструктури зумовлюють формування специфічних джерел забруднення поверхневих вод, зокрема, дренажних колекторів, які здебільшого потребують відновлення технічного стану та не передбачають систем очищення стоків, а отже, через які забруднюючі речовини потрапляють безпосередньо у водні об'єкти. Тому набуває доцільності на прикладі дренажного колектору, який прокладено в умовах щільної забудови, проаналізувати якісний склад вод, що скидаються безпосередньо у р. Дніпро в межах населеного пункту задля надання характеристики техногенного впливу.

Особливо небезпечними є скиди забруднених зливових і каналізаційних стічних вод населених пунктів, що призводять до порушення екологічної рівноваги та самоочисної здатності гідроекосистем [3]. Поверхневі стічні води з територій забудови, житлових масивів і доріг, що утворюються, здебільшого, внаслідок випадання опадів, танення снігу та проведення поливально-мийних робіт, характеризуються неоднорідним хімічним складом забруднюючих речовин. Проблема забруднення річок посилюється відсутністю ефективної системи

управління зливовими водами та незадовільною якістю очищення стічних вод через значний знос міських очисних споруд тощо [3].

За даними Національної доповіді про стан навколишнього середовища в Україні за 2021 р., найбільшими забруднювачами водних об'єктів стали підприємства виду економічної діяльності «Водопостачання; каналізація, поводження з відходами» (секція Е), якими було скинуто 381 млн м³ забруднених стічних вод [12]. У складі цих скидів вміст синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) становив 165 595,8 кг, тоді як загальний обсяг по Україні – 176 579,3 кг [12].

За даними Регіонального офісу водних ресурсів у Дніпропетровській області скидання СПАР із зворотними водами у поверхневі водні об'єкти становило: 0,015888 тис. т у 2022 р., 0,019924 тис. т у 2023 р. та 0,019528 тис. т у 2024 р. [13], що свідчить про стійку тенденцію надходження цих речовин у водні об'єкти регіону, до яких належить і р. Дніпро в межах однойменного міста.

Правове регулювання у сфері охорони водних об'єктів від забруднення стічними водами зазнає суттєвих змін у контексті євроінтеграції України. Директива Ради 91/271/ЄЕС «Про очистку міських стічних вод» від 21 травня 1991 р. – до недавнього часу основний регулятивний документ у цій сфері – припиняє дію, і їй на заміну прийшла Директива (ЄС) 2024/3019 Європейського Парламенту і Ради від 27 листопада 2024 р. [1-2, 14-15]. Реалізація Директиви (ЄС) 2024/3019 передбачає зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти, модернізацію інфраструктури водовідведення, запровадження європейських стандартів очищення стічних вод і впровадження систем безпечного повторного використання очищеної води та осадів тощо [1-2, 15].

Нормативи гранично допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин встановлюються з метою поетапного досягнення екологічного нормативу якості води водних об'єктів – науково обґрунтованих значень концентрацій забруднювальних речовин і показників якості води (загальнофізичних, біологічних, хімічних, радіаційних) та санітарно-гігієнічних норм у місцях розташування джерел водопостачання й водокористування, для забезпечення екологічної безпеки людини та водних екосистем, досягнення і підтримання «доброго» екологічного та хімічного стану поверхневих водних мас [16].

Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів встановлені відповідно до категорій водокористування [17]. До другої категорії, зокрема, належить використання водних

об'єктів для господарсько-побутових, оздоровчих, рекреаційних і спортивних цілей, а також водні об'єкти в межах населених пунктів. Вимоги другої категорії поширюються на всі частини водних об'єктів у межах населених пунктів, тому р. Дніпро на ділянці м. Дніпро підпадає під ці вимоги у повному обсязі [17]. Водночас наявний перелік нормованих показників не охоплює всіх речовин, які потрапляють зі стоками і можуть становити небезпеку для екосистем та здоров'я людини [17].

На прогалини у визначенні здатності до біологічного розкладання ПАР і занепокоєння щодо потенційної токсичності стійких метаболітів наголошується в регламентуючих документах, зокрема в Регламенті (ЄС) № 648/2004 «Про миючі засоби» [18]. Суттєві надходження різновидів ПАР у природні поверхневі та підземні води обумовлюють доцільність їх розгляду як специфічних синтетичних забруднюючих речовин – стійких до розкладання, токсичних, здатних до акумуляції. Зважаючи на ці властивості, ПАР можуть розглядатись як складові переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод [11].

Метою роботи є оцінка якості поверхневих вод р. Дніпро в районі скиду стоків підземних вод.

Матеріали та метод. Відбір проб води проводили з колектора, який виходить у р. Дніпро в районі житлового масиву міста, та у р. Дніпро на 20 м вище виходу колектора відповідно до ДСТУ EN ISO 5667-1:2023 (рис. 1).

Визначення концентрацій показників вод проводили у сертифікованій Науково-дослідній лабораторії гідроекології Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Визначення сухого залишку проводили гравіметричним методом за МВВ 081/12-0109-03. У попередньо зваженому порцеляновому посуді випарювали 100 мл досліджуваної води, висушували при температурі 105 °С до постійної маси.

З використанням титриметричного методу проводили визначення карбонатів (за ДСТУ ISO 9963-2:2007), хлоридів (за МВВ 081/12-0004-01), загальної та часткової лужності (за ДСТУ ISO 9963-1:2007), загальної жорсткості води (за ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості», ДСТУ ISO 6059:2003 «Якість води. Визначення сумарного вмісту кальцію та магнію. Титриметричний метод із застосуванням етилендіамінтетраоцтової кислоти»).

Вміст карбонатів, загальну та часткову лужність визначали шляхом титрування проби води розчином кислоти з використанням

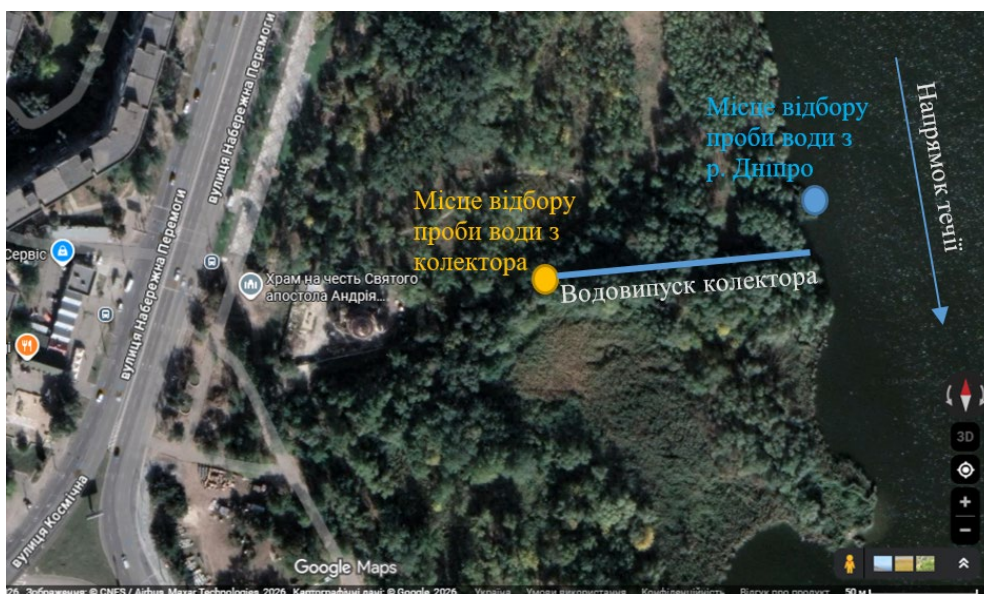


Рис. 1. Місце розташування відбору проб води для аналізу

індикаторів фенолфталеїну (часткова лужність, карбонати) та метилового оранжевого (загальна лужність).

Вміст хлоридів визначали аргентометричним титруванням за методом Мора. Загальну жорсткість визначали методом комплексонометричного титрування при рН 10 у присутності індикатора еріохрома чорного.

АПАР визначали за ДСТУ ISO 7875-1 «Визначення аніонних ПАР методом метиленового синього». НПАР визначали згідно ДСТУ ISO 7875-2 «Визначення неіоногенних ПАР із використанням реактиву Драгендорфа».

Водневий показник та вміст катіонів натрію визначали методом прямої потенціометрії на рН-метрі-мільвольтметрі рН-150МА з використанням скляного (для визначення рН) та натрій-селективного індикаторних електродів. Як електрод порівняння використали хлоридсрібний електрод. Зважування проводили на вагах електронних XAS-220/С клас точності – 2, значення оптичної густини вимірювали на спектрофотометрі UNIKO UV2100.

Результати та дискусії. Сухий залишок є характеристикою загальної кількості розчинених у воді органічних і неорганічних речовин. Зазвичай цей параметр використовується для визначення загальної мінералізації води, яка зумовлена в основному природними чинниками, такими як геологічні умови району походження вод та рівень розчинності мінералів порід. Жорсткість води обумовлена наявністю розчинених солей кальцію та магнію. Основним джерелом надходження у воду катіонів натрію, магнію та кальцію, карбонатів

і хлоридів є розчинення мінералів. Високий вміст цих іонів у воді обумовлений антропогенним впливом.

Вміст розчинених речовин у воді стоків підземних вод (878,6 мг/л) є майже вдвічі більшим, ніж у воді р. Дніпро (398,7 мг/л). Жорсткість загальна майже вдвічі є більшою у зразках води, відібраних з колектора (7,57 мг-екв/л), у порівнянні з річковою водою (4,04 мг-екв/л), проте цей показник не перевищує допустиме значення. Також вміст хлоридів у воді колектора (113,6 мг/л) в 4 рази більший, ніж у річковій воді (26,8 мг/л), а катіонів натрію – більше майже у 6 разів (17,2 та 97,2 мг/л для вод р. Дніпро та колектора відповідно). На відміну від цих двох показників, вміст карбонатів у даних зразках практично не відрізняється (244,0 та 292,8 мг/л для вод р. Дніпро та колектора відповідно). Знайдені значення вище вказаних показників, відповідають вимогам, що висуваються для вод питного призначення [17, 20]. Достатньо великий вміст неорганічних солей є характерним для підземних вод та не вказує на відхилення від санітарних норм.

Характеристиками середовища водних об'єктів є водневий показник та лужність. Водневий показник, що визначається як від'ємний десятковий логарифм концентрації іонів гідрогену H^+ , для вод річки Дніпро та колектора становить 8,46 та 8,02 відповідно. Лужність води – це здатність розчинених у ній речовин нейтралізувати кислоти. Загальна лужність зумовлена вмістом гідрогенкарбонатів, карбонатів та гідроксидів, для річкової води мала значення 3,8 ммоль-екв/л, а для води з колектора

є майже вдвічі більшою – 6,0 ммоль-екв/л. Часткова лужність фіксує гідроксид-іони та половину карбонатів. Для досліджуваних вод р. Дніпро та колектора становила 0,32 та 0,16 ммоль-екв/л відповідно. Така розбіжність у частковій та загальній лужності досліджуваних вод може бути обумовлена великим вмістом гідрогенкарбонатів у воді з колектора, значна частина якої потрапляє з підземних джерел. Знайдені значення водневого показника, загальної та часткової лужності не перевищують нормативні та рекомендовані для вод питного призначення [17; 20].

Поверхнево-активні речовини мають властивість зменшувати поверхневий натяг внаслідок адсорбції на поверхні розділів фаз (наприклад, рідини та газу). ПАР широко використовується у складі побутових та промислових миючих засобів. На відміну від природних миючих засобів (мила), які у присутності солей кальцію, магнію та деяких інших металів утворюють малорозчинні сполуки, ПАР виявляють миючі властивості і у жорсткій воді. Основний спосіб потрапляння ПАР у природні водойми – надходження із стічними водами господарсько-побутовими, промисловими, пралень та автомийок, із змивами від сільгоспугідь. Саме в стічних водах від процесів прання і миття різних виробів, пралень, автомийок спостерігаються найбільші концентрації ПАР. Зазвичай ці стічні води містять аніоноактивні і неіоногенні поверхнево-активні речовини, які практично не розкладаються у природних водах [17]. Аніоноактивні ПАР, які представлені переважно солями сульфокислот та сірчаноокислих ефірів, у воді утворюють негативно заряджені іони. Неіоногенні ПАР у водному розчині не дисоціюють на іони. Зазвичай НПАР відносяться до числа важкоруйнівних у довкілля сполук, які можуть накопичуватися в об'єктах довкілля.

ПАР, потрапляючи у річки, знижують поверхневий натяг води та утворюють стійку плівку та піну на її поверхні. Внаслідок цього гірше розчиняється кисень та сповільнюється обмін газів між водою і повітрям. Це може призвести до гіпоксії і загибелі риб і безхребетних, виникнення дисбалансу біомаси водоростей. Деякі НПАР можуть впливати на ендокринну систему риб, зменшуючи їх популяцію, а також здатні до акумуляції у рибах, молюсках, донних організмах. ПАР зменшують здатність річки до самоочищення внаслідок пригнічення бактерій та зміни мікробних спільнот [21]. Крім того, ПАР мають властивість розчиняти гідрофобні речовини і завдяки цьому переносити нафтопродукти,

пестициди, важкі метали [22]. Це підвищує токсичність води та збільшує мобільність забруднювачів [23].

Згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 та Гігієнічними нормативами якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення, затвердженими наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 № 721, гранично допустимі значення для АПАР та НПАР становлять 0,5 та 0,1 мг/л відповідно [17; 20], при цьому для НПАР ГДК прийнято як для неіонолу АФ-14 та інших його аналогів. За результатами аналізу кількість АПАР у річковій воді становить 0,12 а у воді колектора – 0,48 мг/л. Кількість НПАР – 3,2 та 5,6 мг/л для річкової води та води з колектора відповідно (рис. 2).

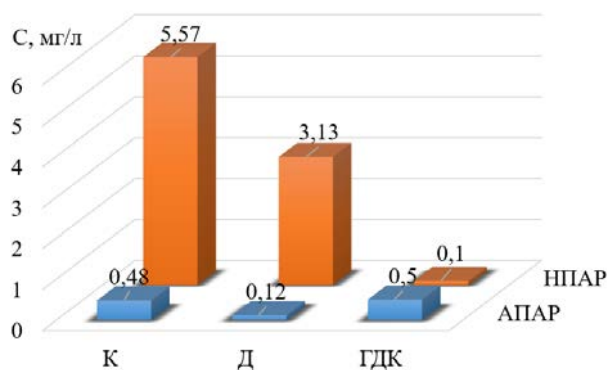


Рис. 2. Вміст АПАР та НПАР у водах колектора (К) та р. Дніпро (Д)

Висновки. Вміст АПАР у воді колектора знаходиться на межі із ГДК, у той час як вміст НПАР перевищує допустиме значення більше ніж у 50 разів. Річкова вода має у межах норми вміст АПАР, проте вміст НПАР перевищує ГДК більше ніж у 30 разів. Це свідчить про забруднення річкової води АПАР та НПАР у місці зливу. Підвищений вміст ПАР у воді колектора свідчить про несанкційне скидання стічних вод від приватного або промислового сектора.

Інші показники (сухий залишок, рН, кислотність лужна та загальна, карбонати, хлориди, натрій) досліджуваних вод не перевищували нормативів, проте значення цих показників у воді колектору суттєво перевищують відповідних значень річкової води.

Результати польових та лабораторних досліджень свідчать про актуальність питань модернізації систем водовідведення поверхневого та підземного стоків з територій щільної забудови, що розглянуто на прикладі великого промислового міста та відповідає сучасній змістовній спрямованості державної екологічної політики.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про затвердження Державної цільової екологічної програми технічної модернізації підприємств водовідведення та очищення стічних вод, що перебувають у державній або комунальній власності, на період до 2034 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24 грудня 2025 р. № 1502-р. Верховна Рада України : офіційний веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1502-2025-%D1%80#Text> (дата звернення: 15.04.2026).
2. Модернізація систем водовідведення та очищення стічних вод: затверджено Державну цільову програму до 2034 року. Новини від 26.12.2025. Міністерство розвитку громад та територій України : офіційний веб-сайт. URL: <https://mindev.gov.ua/news/modernizatsiia-system-vodovidvedennia-ta-ochyshchennia-stichnykh-vod-zatverdzheno-derzhavnu-tsilovu-prohramu-do-2034-roku> (дата звернення: 15.04.2026).
3. Скок С. В. Вплив зливових та каналізаційних стічних вод на якість річки Дніпро в зоні дії Херсонської урбосистеми. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №2, С. 122-129. DOI: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-122-129>.
4. Залізник Я. І., Шевченко Н. О., Балабак А. В. Техноекологічний аналіз впливу промислових об'єктів на річкові екосистеми. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2025. №2, С. 68-73. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2025-2-69-73>.
5. Cotman M., Zagorc-Koncan J., Droic A. Study of impacts of treated wastewater to the Krka river, Slovenia. *Water Science & Technol.* 2001. 44 (6), 47–54. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0337>
6. Пічура В. І., Шахман І. О., Бистрянцева А. М. Просторово-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, №1-2, С. 44–57. URL: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/10281/9061> (дата звернення: 15.04.2026).
7. Arunprakash M., Giridharan L., Krishnamurthy R. R., Jayaprakash M. Impact of urbanisation in groundwater of South Chennai City, Tamil Nadu, India. *Environmental Earth Sciences*. 2014. 71, 947–957. URL: https://www.researchgate.net/profile/Muthumanickam-Jayaprakash/publication/257794720_Impact_of_urbanization_in_groundwater_of_south_Chennai_City_Tamil_Nadu_India/links/54acceb0cf2479c2ee8542d/Impact-of-urbanization-in-groundwater-of-south-Chennai-City-T (дата звернення: 15.04.2026).
8. Олексієнко О. Ю., Попова В. В. Оцінка якості питних вод з різних джерел водопостачання. *Технології та інжиніринг*. 2021. (5), С. 37–47. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.5.4>.
9. Baluch M. A., Hashmi H. N. Investigating the impact of anthropogenic and natural sources of pollution on quality of water in Upper Indus Basin (UIB) by using multivariate statistical analysis. *J Chem.* 2019 (3), 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4307251>.
10. Holland-Stergar B. The law and policy of rainwater harvesting: A comparative analysis of Australia, India, and the United States. *UCLA Journal of Environmental Law and Policy*. 2018. 36(1), 127–165. URL: <https://scholar.google.com/scholar?&q=Holland-Stergar%2C%20B.%20%282018%29.%20The%20law%20and%20policy%20of%20rainwater%20harvesting%3A%20A%20comparative%20analysis%20of%20Australia%2C%20India%2C%20and%20the%20United%20States.%20UCLA%20Journal%20of%20Env> (дата звернення: 15.04.2026).
11. Das S., Sarkar R. Monitoring and evaluating the spatiotemporal variations of the water quality of a stretch of the Bhagirathi-Hugli River, West Bengal, India, using geospatial technology and integrated statistical methods. *Environ Sci Pollut Res.* 2021. 28, 15853–15869. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11655-6>.
12. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamku/ekologichnyj-monitoring/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-prirodnogo-seredovyssha-v-ukrayini/> (дата звернення: 15.04.2026).
13. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2024 рік. Департамент екології та природних ресурсів облвійськадміністрації, 2025. 298 с. Дніпропетровська обласна військова адміністрація : офіційний веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamku/ekologichnyj-monitoring/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-prirodnogo-seredovyssha-v-ukrayini/> (дата звернення: 15.04.2026).
14. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. OJ L 135, 30.5.1991, pp. 40–52. Current consolidated version: 01/01/2014. ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/271/oj>.
15. Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 concerning urban wastewater treatment (recast) (Text with EEA relevance). PE/85/2024/REV/1. OJ L, 2024/3019, 12.12.2024, ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj>.
16. Про затвердження Порядку розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти та перелік забруднюючих речовин, скидання яких у водні об'єкти нормується : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.09.1996 р. № 1100. Редакція від 16.12.2025. Верховна Рада України : офіційний веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-%D0%BF#Text> (дата звернення: 15.04.2026).
17. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 № 721. Оновлення: 03.12.2024. Верховна Рада України : офіційний веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text> (дата звернення: 15.04.2026).
18. Регламент (ЄС) № 648/2004 Європейського Парламенту та Ради "Про миючі засоби" від 31 березня 2004 року. Верховна Рада України : офіційний веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_961#Text (дата звернення: 15.04.2026).

19. Про затвердження Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод : наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 06.02.2017 № 45. Верховна Рада України : офіційний веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0235-17#n13> (дата звернення: 15.04.2026).

20. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 № 400. Оновлення від 17.01.2025. Верховна Рада України : офіційний веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 15.04.2026).

21. Badmus S. O., Amusa H. K., Oyehan T. A., Saleh T. A. Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021, 28(44). 62085–62104. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16483-w>.

22. Najim A. A., Radeef A. Y. Surfactants: hygiene's first line of defence against pollution Available to Purchase. *Journal of Environmental Engineering and Science*, (2024), 19 (3). 157–176. DOI: <https://doi.org/10.1680/jenes.23.00095>.

23. Малько А. Поверхнево-активні речовини, як компонент антропогенного навантаження на довкілля. *Наука і техніка сьогодні*. 2023, 8 (22). С. 383-395. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8\(22\)-383-395](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8(22)-383-395).

REFERENCES:

1. Pro zatverdzhennia Derzhavnoi tsilovoi ekolohichnoi prohramy tekhnichnoi modernizatsii pidpriemstv vodovidvedennia ta ochyshchennia stichnykh vod, shcho perebuvauiu u derzhavnii abo komunalnii vlasnosti, na period do 2034 roku : Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24.12.2025 № 1502-r. [On the Approval of the State Targeted Environmental Programme for the Technical Modernisation of State- or Municipally-Owned Wastewater Collection and Treatment Facilities for the Period up to 2034]. Verkhovna Rada of Ukraine : official website. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1502-2025-%D1%80#Text>. [in Ukrainian].

2. Modernizatsiia system vodovidvedennia ta ochyshchennia stichnykh vod: zatverdzheno Derzhavnu tsilovu prohramu do 2034 roku. [Modernisation of drainage and wastewater treatment systems: State Target Programme approved until 2034]. Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine : official website. Retrieved from: <https://mindev.gov.ua/news/modernizatsiia-system-vodovidvedennia-ta-ochyshchennia-stichnykh-vod-zatverdzheno-derzhavnu-tsilovu-prohramu-do-2034-roku>. [in Ukrainian].

3. Skok, S. V. (2020) Vplyv zlyvovykh ta kanalizatsiinykh stichnykh vod na yakist richky Dnipro v zoni dii Khersonskoi urbosystemy. [The impact of stormwater and sewage on the water quality of the Dnieper River within the catchment area of the Kherson urban system]. *Visnyk Umanskooho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. №2, 122-129. DOI: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-122-129>. [in Ukrainian].

4. Zalizniak, Ya. I., Shevchenko, N. O., & Balabak, A. V. (2025) Tekhnoekolohichniy analiz vplyvu promyslovykh ob'ektiv na richkovi ekosystemy. [A techno-ecological analysis of the impact of industrial facilities on river ecosystems]. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*. 2025. №2, С. 68-73. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2025-2-69-73>. [in Ukrainian].

5. Cotman, M., Zagorc-Koncan, J., & Droic, A. (2001) Study of impacts of treated wastewater to the Krka river, Slovenia. *Water Science & Technol.* 44 (6), 47–54. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0337>.

6. Pichura, V. I., Shakhman, I. O., & Bystriantseva, A. M. (2018) Prostorovo-chasova zakonodirnist formuvannia yakosti vody v richtsi Dnipro. [Spatio-temporal patterns in the formation of water quality in the Dnieper River]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2018. 10, №1-2, 44–57. Retrieved from: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/10281/9061>. [in Ukrainian].

7. Arunprakash, M., Giridharan, L., Krishnamurthy, R. R., & Jayaprakash, M. (2014). Impact of urbanisation in groundwater of South Chennai City, Tamil Nadu, India. *Environmental Earth Sciences*, 71, 947–957. Retrieved from: https://www.researchgate.net/profile/Muthumanickam-Jayaprakash/publication/257794720_Impact_of_urbanization_in_groundwater_of_south_Chennai_City_Tamil_Nadu_India/links/54accebc0cf2479c2ee8542d/Impact-of-urbanization-in-groundwater-of-south-Chennai-City-T.

8. Oleksienko, O. Yu., & Popova, V. V. (2021) Otsinka yakosti pytnykh vod z riznykh dzherel vodopostachannia. [Assessment of drinking water quality from various water supply sources]. *Tekhnolohii ta inzhynirynh*. (5), 37–47. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.5.4>. [in Ukrainian].

9. Baluch, M. A., & Hashmi, H. N. (2019) Investigating the impact of anthropogenic and natural sources of pollution on quality of water in Upper Indus Basin (UIB) by using multivariate statistical analysis. *J Chem.* (3), 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4307251>.

10. Holland-Stergar, B. (2018) The law and policy of rainwater harvesting: A comparative analysis of Australia, India, and the United States. *UCLA Journal of Environmental Law and Policy*. 36(1), 127–165. Retrieved from: <https://scholar.google.com/scholar?q=Holland-Stergar%2C%20B.%20%282018%29.%20The%20law%20and%20policy%20of%20rainwater%20harvesting%3A%20A%20comparative%20analysis%20of%20Australia%2C%20India%2C%20and%20the%20United%20States.%20UCLA%20Journal%20of%20Env>.

11. Das, S., & Sarkar, R. (2021) Monitoring and evaluating the spatiotemporal variations of the water quality of a stretch of the Bhagirathi-Hugli River, West Bengal, India, using geospatial technology and integrated statistical methods. *Environ Sci Pollut Res*. 28, 15853–15869. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11655-6>.

12. Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Ukraini u 2021 rotsi. [National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2021]. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine: official website. Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnoho-seredovyscha-v-ukrayini/>. [in Ukrainian].

13. Ekolohichniy pasport Dnipropetrovskoi oblasti za 2024 rik. [Environmental Report for Dnipropetrovsk Oblast for 2024.]. Departament ekolohii ta pryrodnykh resursiv oblviiskadministratsii, 2025. 298 p. Dnipropetrovsk Regional Military Administration: official website. Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnoho-seredovyscha-v-ukrayini/>. [in Ukrainian].

14. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. OJ L 135, 30.5.1991, pp. 40–52. Current consolidated version: 01/01/2014. ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/271/oj>.

15. Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 concerning urban wastewater treatment (recast) (Text with EEA relevance). PE/85/2024/REV/1. OJ L, 2024/3019, 12.12.2024, ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj>.

16. On the Approval of the Procedure for Establishing Maximum Permissible Discharge Standards for Pollutants into Water Bodies and the List of Pollutants Whose Discharge into Water Bodies is Regulated: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1100 of 11 September 1996. [On the Approval of the Procedure for Establishing Maximum Permissible Discharge Standards for Pollutants into Water Bodies and the List of Pollutants Whose Discharge into Water Bodies is Regulated] Revised on 16 December 2025. Verkhovna Rada of Ukraine : official website. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-%D0%BF#Text>. [in Ukrainian].

17. Pro zatverdzhennia Hihienichnykh normatyviv yakosti vody vodnykh ob'ektiv dlia zadovolennia pytnykh, hospodarsko-pobutovykh ta inshykh potreb naseleння : Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 02.05.2022 № 721. [On the Approval of Hygienic Standards for the Quality of Water in Water Bodies for Drinking, Domestic and Other Needs of the Population]. Onovlennia: 03.12.2024. Verkhovna Rada of Ukraine : official website. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>. [in Ukrainian].

18. Rehlament (IeS) № 648/2004 Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady "Pro myiuchi zasoby" vid 31.03.2004. [Regulation (EC) No 648/2004 of the European Parliament and of the Council on detergents of 31.03.2004]. Verkhovna Rada of Ukraine : official website. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_961#Text. [in Ukrainian].

19. Pro zatverdzhennia Pereliku zabrudniuiuchykh rehovyn dlia vyznachennia khimichnoho stanu masyviv poverkhnevykh i pidzemnykh vod ta ekolohichnoho potentsialu shtuchnoho abo istotno zminenoho masyvu poverkhnevykh vod : nakaz Ministerstva ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 06.02.2017 № 45. [On the Approval of the List of Pollutants for Determining the Chemical Status of Surface Water Bodies and Groundwater Bodies and the Ecological Potential of Artificial or Significantly Modified Surface Water Bodies]. Verkhovna Rada of Ukraine : official website. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0235-17#n13>. [in Ukrainian].

20. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl "Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoi dlia spozhyvannia liudynoiu" (DSanPiN 2.2.4-171-10) : nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 12.05.2010 № 400. [On the Approval of the State Sanitary Standards and Rules 'Hygiene Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption' (DSanPiN 2.2.4-171-10)]. Onovlennia vid 17.01.2025. Verkhovna Rada of Ukraine : official website. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>. [in Ukrainian].

21. Badmus, S. O., Amusa, H. K., Oyehan, T. A., & Saleh, T. A. (2021) Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques. *Environ Sci Pollut Res Int.* 28(44). 62085–62104. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16483-w>.

22. Najim, A. A., & Radeef, A. Y. (2024) Surfactants: hygiene's first line of defence against pollution Available to Purchase. *Journal of Environmental Engineering and Science.* 19 (3). 157–176. DOI: <https://doi.org/10.1680/jenes.23.00095>.

23. Malko, A. (2023) Poverkhnevo-aktyvni rehovyny, yak komponent antropohennoho navantazhennia na dovkillia. [Surfactants as a component of anthropogenic pressure on the environment]. *Nauka i tekhnika sohodni.* 8 (22). 383-395. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8\(22\)-383-395](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8(22)-383-395). [in Ukrainian].



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 19.03.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.04.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026