

**Розділ п'ятий****Туризм, готельно-ресторанна справа, екологія****Босюк Альона Сергіївна**

Доктор філософії

ORCID: 0000-0001-5254-2272

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»***Сакун Антоніна Олегівна**

Доктор філософії, доцент

ORCID: 0000-0002-1079-7856

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»***Шестопапов Олексій Валерійович**

Кандидат технічних наук, доцент

ORCID: 0000-0001-6268-8638

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»***Кануннікова Надія Олександрівна**

Доктор філософії

ORCID: 0000-0003-3611-6729

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»***Гайдучок Олександр Григорович**

Кандидат технічних наук, доцент

ORCID: 0000-0003-3139-9061

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова***5.1. Аналіз якості води у водних об'єктах Харківської області**

*В роботі розглядається аналіз якості води у водних об'єктах Харківської області. Проведено порівняння результатів вимірювань з нормами якості вод рибогосподарського призначення. Виявлені коливання в показниках на різних ділянках річок, що свідчать про варіативність екологічного стану водних об'єктів. Особлива увага приділяється визначенню можливих джерел забруднення та їхнього впливу на стан водних ресурсів. В дослідженні використовувалися методи лабораторного аналізу проб води, зібраних з різних водних об'єктів регіону. Зокрема, були визначені рівні розчиненого кисню, біохімічної потреби в кисні (БСК<sub>5</sub>), а також концентрації азоту амонійного, азоту нітритного, сульфатів та хлоридів. Результати дослідження можуть бути корисними для розробки заходів з покращення якості води та запобігання забрудненню у досліджених водних об'єктах. Крім того, були використані методи порівняльного аналізу для виявлення динаміки зміни показників в різні періоди часу, в результаті чого були виявити специфічні тенденції та динаміки забруднення у річках регіону, що є важливим для розробки ефективних заходів щодо покращення екологічного стану водних ресурсів. У роботі також розглядається питання впливу військових дій в Україні на стан водних об'єктів. Окремо проаналізовано вплив бойових дій та руйнування промислових і інфраструктурних об'єктів на погіршення якості води, зокрема в Харківській області. Ключові слова: якість води, водні ресурси, екологічний стан, порівняльний аналіз, самоочищення*

**Вступ.** Водна безпека України тісно пов'язана із впровадженням 6 водних директив ЄС, спрямованих на захист та управління водними ресурсами. Серед основних директив – Водна рамкова директива (2000/60/ЄС) [1], яка визначає інтегрований підхід до управління всіма водними об'єктами, та Директива про нітрати [2], що регулює забруднення вод від сільського господарства. Європейська Водна рамкова директива (ВРД) встановлює жорсткі екологічні стандарти для якості поверхневих вод і вимагає комплексної оцінки екологічного навантаження та ризиків, пов'язаних із невиконанням цих стандартів [3]. Впровадження цих директив сприятиме покращенню якості води, зменшенню забруднень та забезпеченню сталого водокористування в Україні, особливо в умовах посилення екологічних викликів та антропогенного навантаження на водні ресурси. Це має особливе значення для регіонів, де водні ресурси відіграють критичну роль у розвитку економіки та забезпеченні населення.

Територія України поділяється на 9 гідрографічних одиниць басейнового рівня (райони річкових басейнів), Харківська область, в свою чергу, знаходиться на вододілі двох річкових басейнів – Дону (Сіверського Дінця) та Дніпра (рис. 1).

Водні ресурси Харківської області відіграють важливу роль у життєдіяльності регіону, забезпечуючи питною водою міста та села, сільське господарство, промислові підприємства та енергетичний сектор. Однак інтенсивне використання водних ресурсів, розвиток промисловості, сільського господарства, урбанізація та

військові дії призводять до забруднення водойм, що створює загрозу для здоров'я населення і екологічного балансу регіону.

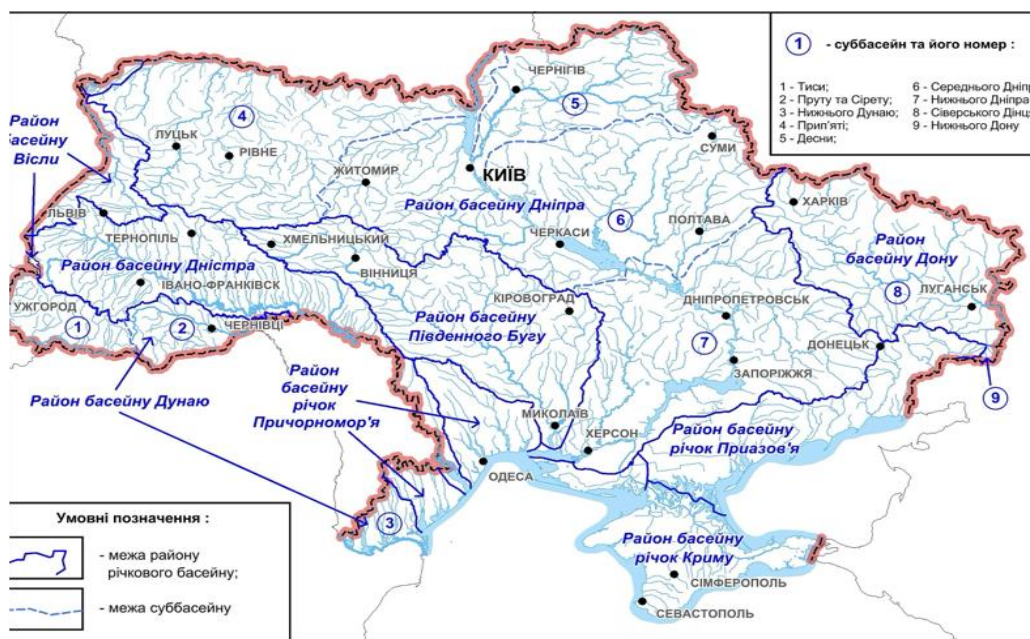


Рис. 1. Гідрографічне районування України

Регіон має надзвичайно низьку забезпеченість водними ресурсами – це 1,8% від загальних водних ресурсів України [20]. Водні ресурси області формуються, як за рахунок атмосферних опадів, так і за рахунок зовнішнього притоку з суміжних територій.

**Матеріал і методи.** Під час дослідження якості води басейну річок Харківської області обласним центром з гідрометеорології було здійснено відбір проб з водних об'єктів у різні сезони 2023-2024 років. Для аналізу використовувалися стандартні методи вимірювання фізико-хімічних показників, зокрема, визначення концентрацій розчиненого кисню, біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>), азоту амонійного, азоту нітритного, сульфатів та хлоридів. Дані, отримані в результаті лабораторних досліджень (табл. 1), були зіставлені з гранично допустимими нормами для вод рибогосподарського призначення, що дозволило оцінити ступінь забруднення та його сезонні коливання. Однак загальноприйнятого методу комплексної оцінки забрудненості поверхневих вод не існує, оскільки всі наявні підходи мають певні недоліки [4].

**Результати та обговорення.** Харківська область характеризується густою мережею річок і водойм, що утворюють розгалужену гідрографічну систему регіону. На території області (рис. 2) протікає 867 річок [21], з них, згідно класифікації річок України, одна відноситься до великих – Сіверський Донець довжиною – 1053 км (в межах області – 375 км), шість – до середніх річок (Оскіл, Уди, Лопань, Мерла, Оріль, Самара), а решта річок відноситься до категорії малих, які відіграють важливу роль у водопостачанні регіону. Довжина цих річок, що коливається від десятків до сотень кілометрів, робить їх важливими водними об'єктами для дослідження. Однак із зростанням споживання води промисловістю виникають серйозні виклики, зокрема виснаження природних ресурсів, що в свою чергу сприяє зниженню виробництва продовольства та призводить до міграції населення, зокрема до європейських країн [5].

Виснаження водних ресурсів створює значний тиск на екосистеми та підвищує ризики екологічних катастроф, таких як засухи та зниження якості води. Зокрема, нестача води впливає на сільське господарство, яке є ключовим сектором для забезпечення продовольчої безпеки. Внаслідок цього багато регіонів стикаються з економічними труднощами. Ця тенденція вимагає впровадження комплексних підходів до управління водними ресурсами, спрямованих на їх раціональне використання та збереження.

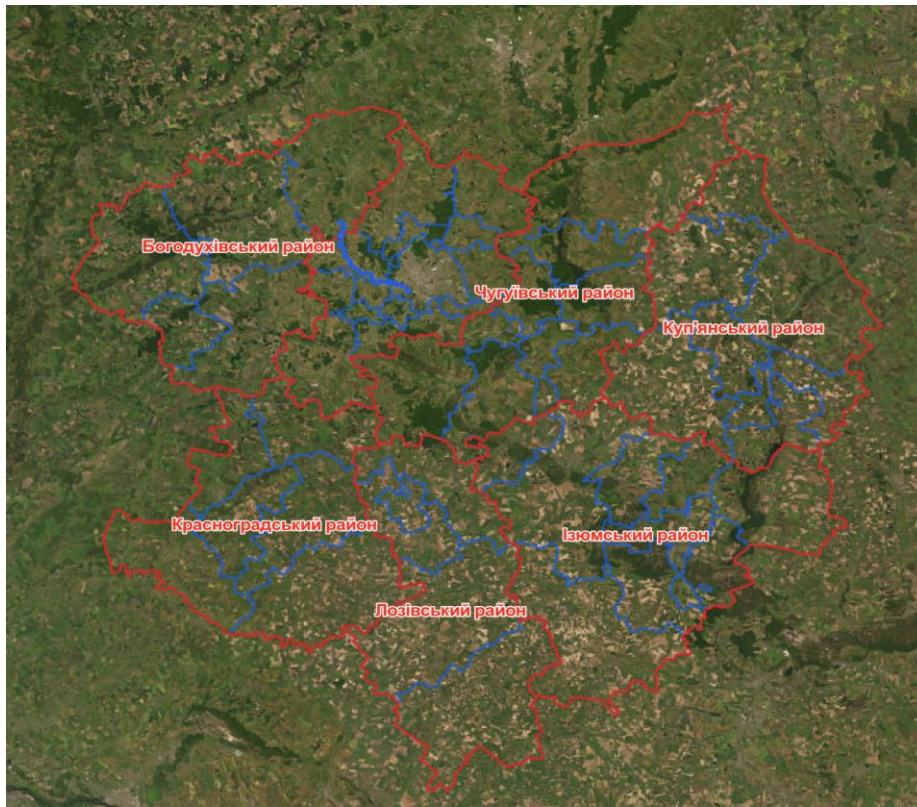


Рис. 2. Межа Харківської області

Якість води – це сукупність фізичних, хімічних та біологічних властивостей, які визначають придатність води для різних видів використання. На сьогоднішній день навколишнє середовище, включно з водними ресурсами, піддається значному забрудненню важкими металами та пластиковими відходами, що створює загрозу для екосистем [6]. Наразі через військові дії ситуація з якістю питної води у всіх регіонах країни без сумніву погіршилась через погіршення якості води у водоймах та погіршення ефективності очищення та знезараження питної води [19].

Концентрація хлоридів у природних водах може значно варіюватися (від часток міліграма до кількох грамів на літр) і залежить від вимивання соленосних порід або скидання промислових та побутових стоків. При перевищенні 350 мг/л хлориди надають воді солонуватого смаку та можуть викликати порушення травної системи у людей [7].

У таблиці 1 наведено детальну інформацію щодо якості води в основних річках Харківської області протягом 2023-2024 років.

Таблиця 1  
Стан поверхневих вод Харківської області

Назва водного об'єкта	Дата відбору проб	Результати вимірювань, мг/дм <sup>3</sup>					
		Розчинений кисень	БСК <sub>5</sub>	Азот амоній-ний	Азот нітрит-ний	Сульфати	Хлориди
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Норми якості вод рибогосподарського призначення</b>		<b>6</b>	<b>2</b>	<b>0,39</b>	<b>40</b>	<b>300</b>	<b>100</b>
р. Хотомля, с.Новоолекса-ндрівка	11.09.2023	6,99	2,37	0,706	0,036	34,5	116
	16.01.2024	11,1	2,29	0,120	0,011	381	133

р. Тетлега, гирло, с.Кочеток	11.09.2023	8,15	0,95	0,543	0,008	37,4	122
	16.01.2024	11,0	1,36	0,286	0,008	39,5	181
р. Уди, вище м.Харкова	06.09.2023	6,11	1,23	0,685	0,014	37,4	101
	04.01.2024	11,1	1,65	0,417	0,008	35,2	133
р. Лопань, гирло, м.Харків	06.09.2023	5,82	6,50	0,658	0,154	84,1	175
	04.01.2024	10,7	5,16	0,511	0,034	56,4	206
р.Харків, гирло, м.Харків	06.09.2023	4,66	4,38	0,276	0,089	58,6	141
	04.01.2024	11,3	1,66	0,359	0,016	46,5	221
р. Муром, гирло	11.09.2023	8,73	0,66	0,396	0,006	23,0	152
	16.01.2024	9,78	1,03	0,198	0,011	30,3	204
р. Рогань, гирло	12.09.2023	8,44	1,82	0,613	0,061	45,7	299
	17.01.2024	9,15	1,98	0,792	0,027	47,9	330
р. Немишля, гирло, м.Харків	06.09.2023	6,99	2,65	0,503	0,038	79,8	215
	04.01.2024	11,3	2,61	0,444	0,020	77,5	261
р. Мож, вище м.Мерефа	05.09.2023	3,50	2,95	0,530	0,008	48,2	49,5
	03.01.2024	9,47	0,71	0,401	0,006	38,8	98,0

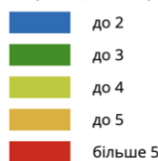
Найбільш складна ситуація виникає в літньо-осінній та зимовий періоди, коли водні об'єкти переважно поповнюються підземними водами, запаси яких у цей час значно виснажуються. Одночасно з цим, через вплив людської діяльності (скидання промислових і побутових стоків) та природні процеси, як-отльодоставірізноманітніфізико-хімічнітабіологічніявища, якістьводитакожпогіршується[8].Результати досліджень державного моніторингу наведені у системі «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України»[22]. Один з прикладів наведено на рис. 3.

**Повна назва ПС:** р. Лопань, 1 км, м. Харків , гирло  
**Район річкового басейну:** Дон  
**Назва головної лабораторії, що виконує ІЛВ:** Лабораторія моніторингу вод РОБВ у Харківській області  
**Остання дата спостереження:** 07.12.2023

Кількість показників, по яких спостерігаються перевищення норм



Кратність перевищення норм, рази



Показник	Фактичне значення	ГДК (ОБУВ)	Перевищення нормативу, раз
Азот загальний, мг/дм <sup>3</sup>	3,6		
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО/дм <sup>3</sup>	3,23	3	1,08
Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм <sup>3</sup>		15	
Кисень розчинений, мгО2/дм <sup>3</sup>	8,43	4	Немає
Сульфат-іони, мг/дм <sup>3</sup>		100	
Хлорид-іони, мг/дм <sup>3</sup>		300	
Амоній-іони, мг/дм <sup>3</sup>	1,02	0,5	2,04
Нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup>	12,09	40	Немає
Нітрит-іони, мг/дм <sup>3</sup>	0,251	0,08	3,14
Фосфат-іони (поліфосфати), мг/дм <sup>3</sup>	4,58		

Рис. 3. Екологічна оцінка водних ресурсів на прикладі р. Лопань, м.Харків

З метою детальнішого вивчення екологічного стану поверхневих вод Харківської області, були побудовані діаграми (рис. 4), що відображають динаміку найважливіших показників якості води, а саме: вміст

розчиненого кисню, біохімічна потреба в кисні (БСК<sub>5</sub>), концентрації амонійного та нітритного азоту, а також вміст сульфатів і хлоридів. Ці показники є основними індикаторами стану водних екосистем і забруднення вод хімічними речовинами. Графічний аналіз дозволить наочно простежити зміни концентрацій цих речовин у водних об'єктах регіону та виявити потенційні загрози для довкілля, а аналіз динаміки цих показників допоможе виявити сезонні коливання та вплив різних джерел забруднення, що, у свою чергу, дозволить розробити рекомендації для покращення стану водних ресурсів. Важливо також врахувати, що систематичний моніторинг якості води є необхідним для ефективного управління водними ресурсами та впровадження заходів щодо їх охорони, що сприятиме збереженню біорізноманіття та забезпеченню сталого розвитку регіону.

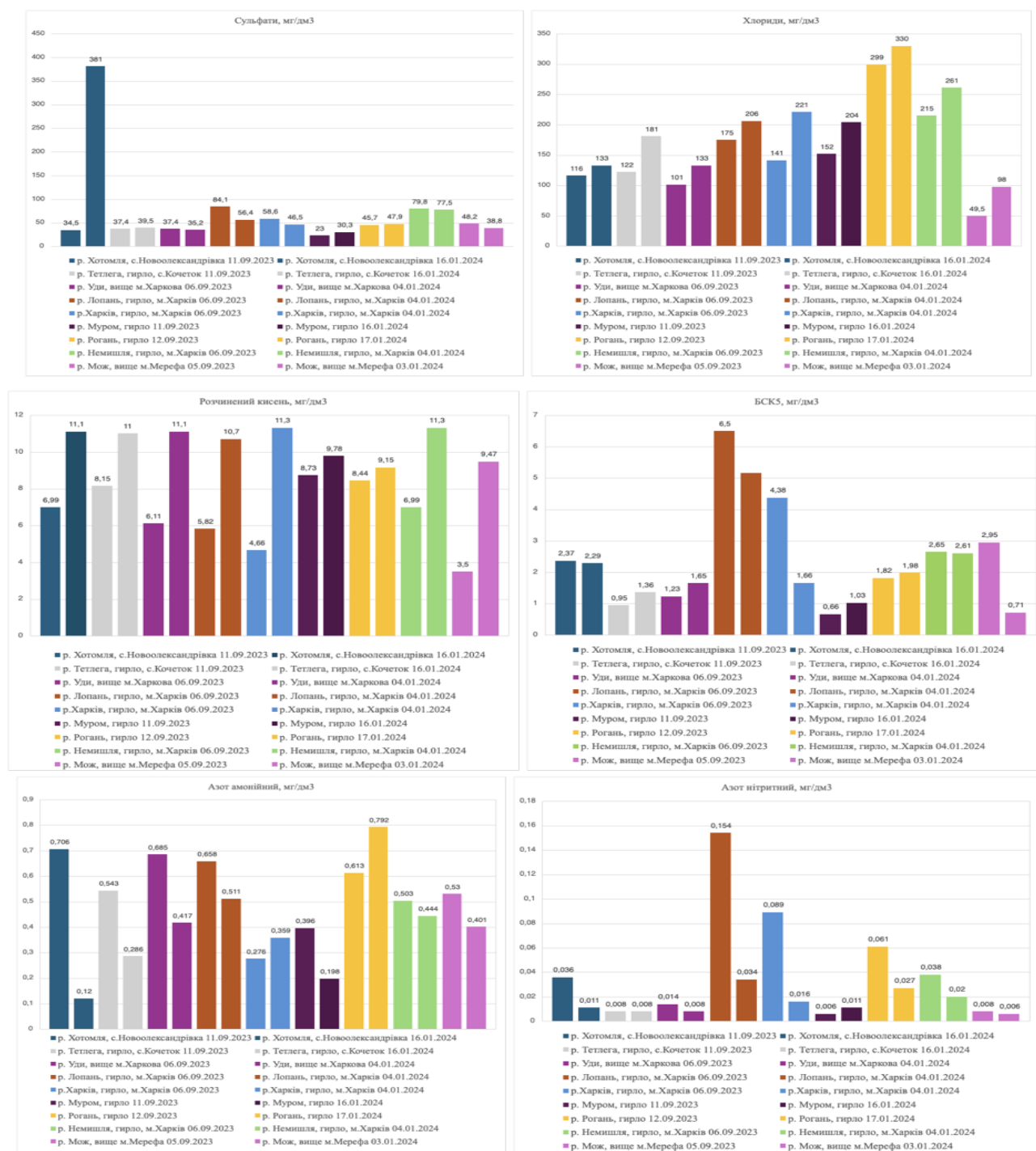


Рис. 4. Динаміка основних показників якості поверхневих вод Харківської області

Проаналізувавши основні показники для кожного водного об'єкта в порівнянні з нормами якості вод рибогосподарського призначення (розчинений кисень – 6 мг/дм<sup>3</sup>, БСК<sub>5</sub> – 2 мг/дм<sup>3</sup>, азот амонійний – 0,39 мг/дм<sup>3</sup>, азот нітритний – 40 мг/дм<sup>3</sup>, сульфати – 300 мг/дм<sup>3</sup>, хлориди – 100 мг/дм<sup>3</sup>) можна зробити висновок, що більшість перевищень у показниках пов'язана з промисловими та побутовими стоками. Оскільки саме промислові та побутові стоки часто містять значні кількості органічних речовин і хімічних забруднень (наприклад, азот амонійний, нітритний азот, хлориди та інші сполуки), які призводять до збільшення рівня азотистих сполук, хлоридів та БСК<sub>5</sub> у воді. Високий рівень біохімічного споживання кисню, в свою чергу, свідчить про наявність органічних забруднень, які потребують кисню для розкладання, що також характерно для такого забруднення. У зимовий період ситуація щодо кисню та органічних забруднень покращується, однак збільшуються рівні сульфатів та хлоридів, що вказує на вплив сезонних факторів.

Згідно з базою даних за формою 2ТП-водгосп (річна), можна прослідкувати динаміку скидів зворотних вод до поверхневих водних об'єктів Харківської області за останні роки. Кількість підприємств, що здійснювали скиди, є важливим показником впливу на якість води, оскільки промислові та побутові стоки залишають суттєвий екологічний відбиток. У таблиці 2 наведено дані про кількість підприємств, що мали скиди у 2017, 2021 та 2022 роках, що дозволяє оцінити тенденції щодо промислового навантаження на водні ресурси регіону.

Таблиця 2

Кількість підприємств, що здійснюють скиди зворотних вод до поверхневих водних об'єктів Харківської області у 2017, 2021 та 2022 роках

Рік	Загальна кількість підприємств	
	Басейн р. Сіверський Донець	Басейн р. Дніпро
<b>2017</b>	81	17
<b>2021</b>	77	13
<b>2022</b>	59	9

Аналіз даних показав, що прослідковується тенденція до зменшення кількості підприємств, що здійснюють скиди зворотних водповерхневих водних об'єктів Харківської області протягом зазначених років. Особливо значне скорочення спостерігається у 2022 році, коли кількість підприємств зменшилася до 68.

Зменшення кількості підприємств імовірно пов'язана з впливом воєнних дій на території Харківської області. Війна, яка розгорнулася у 2022 році, призвела до серйозних порушень у роботі підприємств, включаючи руйнування інфраструктури, знищення виробничих потужностей та припинення діяльності значної частини промислових об'єктів. Це, в свою чергу, вплинуло на зменшення кількості підприємств, що здійснюють скиди зворотних вод, що відобразилося на загальній статистиці за звітний рік.

Аналіз об'ємів скинутих зворотних вод у поверхневі водні об'єкти Харківської області в період з 2017 по 2022 роки (рис. 5) демонструє чітку динаміку зниження цих показників, особливо в останні роки.

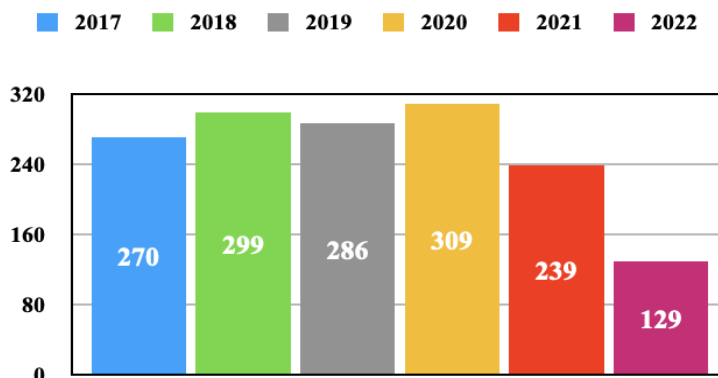


Рис. 5. Об'єми скинутих зворотних вод у поверхневі водні об'єкти, млн.м<sup>3</sup>

Таке зниження об'ємів можна пов'язати з військовими діями в регіоні. Війна, яка розгорнулася у 2022 році, призвела до серйозних порушень у роботі підприємств, включаючи руйнування інфраструктури, знищення виробничих потужностей та припинення діяльності значної частини промислових об'єктів, що

відповідно зменшило кількість виробничих процесів, пов'язаних із скидами зворотних вод. Ця тенденція свідчить про серйозний вплив військових дій на екологічну ситуацію в регіоні.

Різке зниження скиду забруднюючих речовин із зворотними водами у поверхневі водні об'єкти (рис. 6) у 2022 році можна пояснити тим, що обсяг промислової діяльності суттєво знизився у зв'язку з частковим або повним руйнуванням, або переміщенням об'єктів. Це призвело до зменшення кількості виробничих процесів, які зазвичай супроводжуються утворенням і скиданням забруднюючих речовин у водні об'єкти, а руйнування очисних споруд та їх тимчасова недоступність, значно вплинули на здатність підприємств очищувати зворотні води перед їх скиданням у водні об'єкти, що і призвело до зменшення загального обсягу забруднюючих речовин, що потрапляють у водні ресурси.

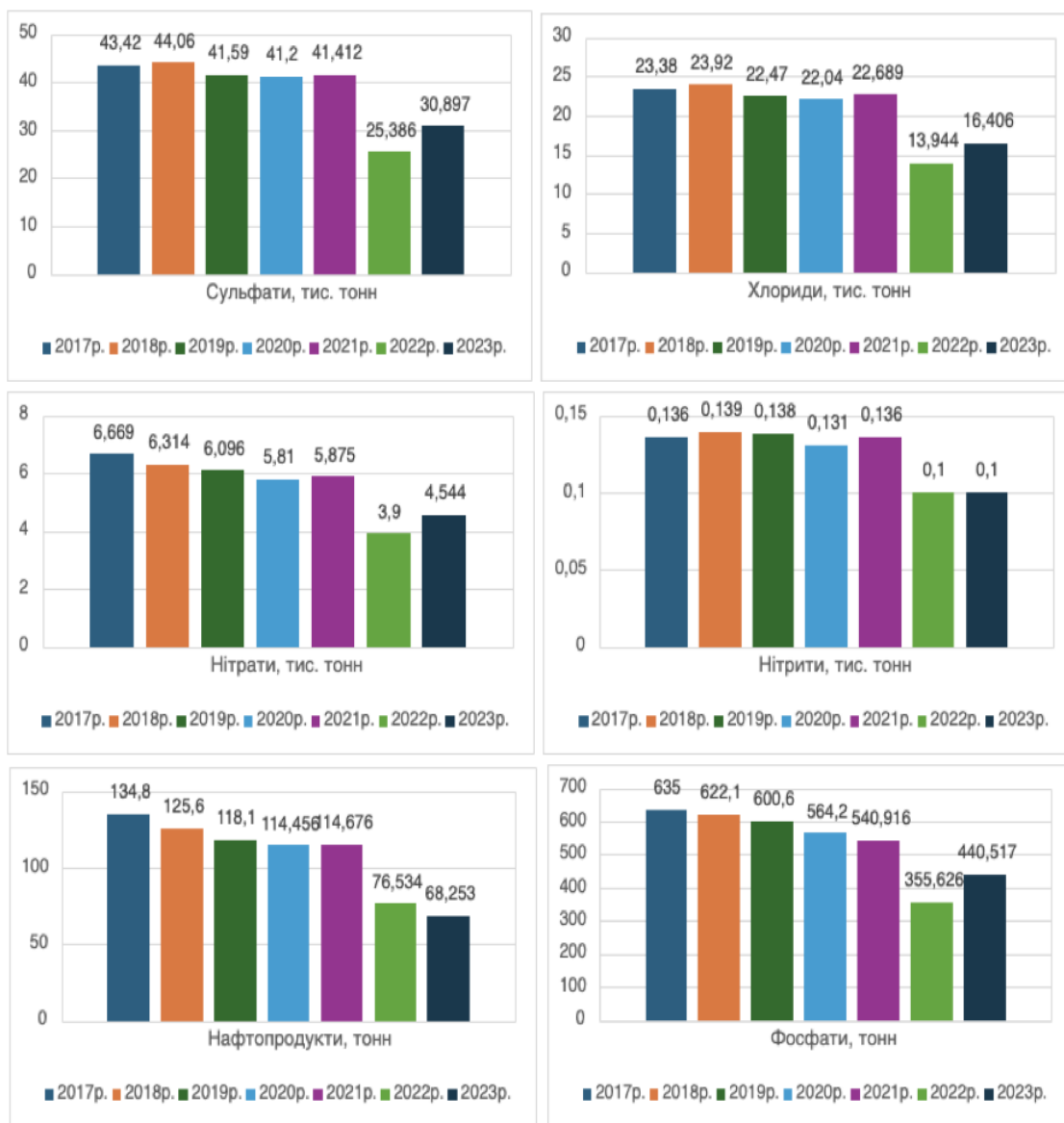


Рис. 6. Скидання забруднюючих речовин із зворотними водами у поверхневі водні об'єкти

Протягом останніх років Харківська область зазнала значних змін у структурі економічної діяльності, що відображено в кількості діючих суб'єктів господарювання за різними секторами економіки (табл. 3). Важливими сферами економічної діяльності залишаються промисловість, сільське, лісове та рибне господарство, а також машинобудування, які відіграють ключову роль у розвитку регіону.

Таблиця 3

Кількість діючих суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності в Харківській області

	Усього підприємств у регіоні	Промисловість	Сільське, лісове та рибне господарство	Машинобудування
2017 рік	153467	12117	4142	984
2018 рік	154002	12050	4011	1027
2019 рік	162794	12413	4050	1080
2020 рік	166855	12066	4013	1082
2021 рік	167691	11545	3885	1047
2022 рік	141726	8920	2752	790

Загальна кількість підприємств у регіоні поступово зростала з 2017 по 2021 рік, досягнувши свого піку в 2021 році – 167691 підприємств. Однак у 2022 році спостерігається різке зниження кількості підприємств до 141726, що ймовірно пов'язано з наслідками воєнних дій на території регіону.

З екологічної точки зору, різке зниження кількості підприємств у регіоні через воєнні дії призвело до значних екологічних проблем. Руйнування промислових об'єктів спричинило витіки токсичних речовин у ґрунт і водні об'єкти, що порушило екосистеми регіону. Пошкодження очисних споруд призвело до збільшення обсягу неочищених стічних вод, які потрапляють у річки та озера. Забруднення підземних вод і водосховищ важкими металами, хімічними сполуками та нафтопродуктами не лише шкодить місцевій флорі та фауні, але й створює загрозу для здоров'я людей, які залежать від цих джерел для водопостачання.

На графіку (рис. 7), наведеному нижче, відображено динаміку кількості діючих суб'єктів господарювання за цими видами економічної діяльності в Харківській області за період з 2017 по 2022 рік.

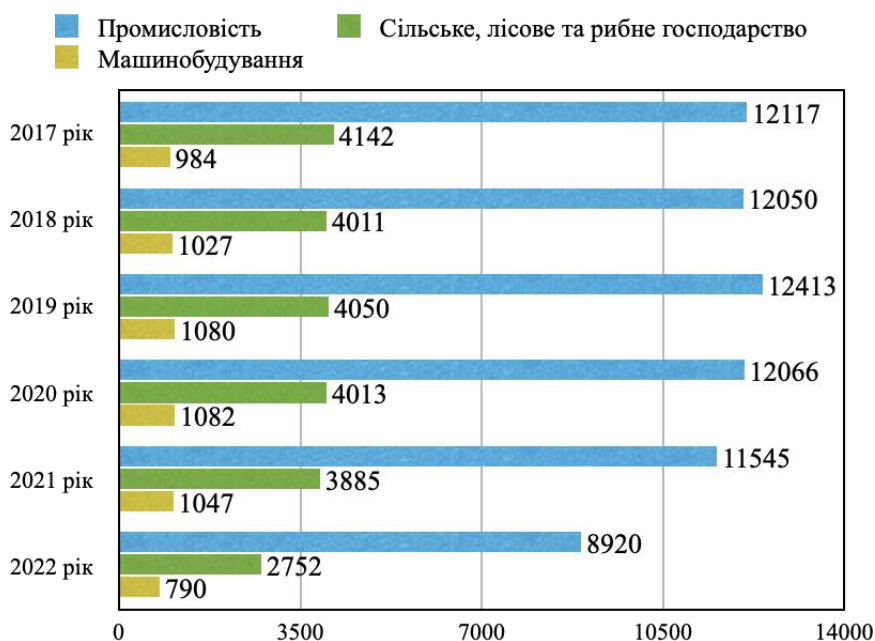


Рис. 7 – Кількість працюючих підприємств протягом 2017-2022рр.

Вплив підприємств на якість водних об'єктів значною мірою залежить від їх кількості, виду діяльності та інтенсивності використання водних ресурсів. Загалом, чим більше підприємств працює, тим вищий ризик забруднення водних об'єктів через скидання зворотних вод, що містять забруднюючі речовини.

Ці дані свідчать про значний вплив економічних і соціальних факторів, зокрема військових дій, на економіку регіону, що відобразилося у зменшенні кількості діючих підприємств у ключових галузях.

**Аналіз чинників, що впливають на якість води.** Подібно до багатьох промислових процесів, органічні забруднювачі на територіях, що постраждали від військових дій, можуть серйозно загрожувати навколишньому середовищу, у т.ч. і водному середовищу [9], а використання зброї, такої як хімічна, біологічна чи ядерна, забруднює водні об'єкти та джерела водопостачання, що є небезпечним як для життєдіяльності людини, так і для стану екосистеми [10].

Починаючи з 24 лютого 2022 року, неодноразово фіксувалися проблеми у функціонуванні гідротехнічних споруд, систем водопостачання та водовідведення, включаючи аварійні скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти. За даними Ecodozor.org, станом на 1 березня 2023 року, внаслідок російської агресії проти України було зареєстровано 1220 випадків пошкоджень щонайменше 629 промислових підприємств і об'єктів критичної інфраструктури [11].

Нестача води та погіршення санітарно-гігієнічних умов уже стали очевидними проблемами в багатьох регіонах, що призводить до поширення різноманітних захворювань, пов'язаних із вживанням забрудненої води. Така ситуація підвищує ризики інфекційних хвороб, зокрема тих, що передаються через воду, і значно ускладнює доступ до безпечних умов життя та здоров'я населення [12].

Військові дії суттєво порушують структуру та функціонування екосистем, завдаючи шкоди як наземним, так і водним екосистемам. Через інтенсивні бойові дії знижується щільність популяцій багатьох видів, що може призводити до їх повного зникнення з певних регіонів. Крім того, втрачається біорізноманіття, оскільки багато видів не можуть адаптуватися до змінених умов або гинуть від впливу забруднень, вибухів, втрати середовища існування та знищення природних ресурсів. Ці процеси руйнують природні цикли і стабільність екосистем, що призводить до довготривалих негативних наслідків для довкілля [13].

Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається в наслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель живих організмів [23]. Забруднені ґрунти, діють як джерела вторинного забруднення. Під час опадів забруднення фільтрується через ґрунтові шари, що призводить до потрапляння токсичних речовин у ґрунтові води. Це особливо небезпечно, оскільки ґрунтові води можуть використовуватися як джерело питної води через колодязі та інші водозабори. Тому, нижче наведена схема (рис. 8), де розглядаються основні джерела забруднення, їхній вплив на водні екосистеми, а також наслідки для здоров'я населення та екологічної безпеки. Важливо враховувати, як різні фактори, головним чином військові дії, промислові скиди та забруднені опади, можуть погіршувати стан водних ресурсів і впливати на кінцевого споживача.



Рис. 8 – Аналіз факторів, що впливають на якість води у поверхневих об'єктах

Ще один з основних факторів, який впливає на якість води у поверхневих об'єктах – це збільшення викидів у довкілля внаслідок пожеж, вибухів та використання ракетного і транспортного палива. Ці процеси спричиняють викиди великої кількості забруднюючих речовин, таких як продукти горіння, важкі метали, хімічні сполуки, сажа та токсичні гази, які насичують атмосферу.

Підвищене антропогенне забруднення атмосфери виникає також через викиди від військової техніки та промислових об'єктів, які функціонують у надзвичайних умовах. Забруднюючі речовини з повітря абсорбуються під час випадання опадів, які містять пилові частинки, сажу та аерозолі, що осідають на поверхні водних об'єктів. У процесі абсорбції газоподібні забруднювачі, такі як оксиди азоту, сірки та вуглецю, розчиняються у воді, спричиняючи кислотні дощі. Це призводить до зміни хімічного складу води, зниження її якості та порушення природних процесів самоочищення водою.

Самоочищення водою відбувається завдяки біологічним, хімічним і фізичним процесам, які нейтралізують або видаляють забруднюючі речовини з води. Проте військові дії значно порушують ці процеси. По-перше, надмірна кількість забруднюючих речовин перевищує здатність природної системи до самоочищення, що призводить до накопичення токсинів у воді. По-друге, забруднення з повітря та опадів впливає на склад води, підвищуючи концентрацію важких металів, хімікатів та інших шкідливих сполук, що знижує рівень кисню у воді та порушує нормальне функціонування водних організмів. Це призводить до погіршення біологічного стану водою, зменшення біорізноманіття та подальшого зниження їх здатності до самоочищення.

Потрапляння у водоюми снарядів, паливно-мастильних матеріалів, уламків військової техніки під час військових дій створює ще один серйозний фактор забруднення, який істотно порушує природні процеси самоочищення водних об'єктів – це снаряди і залишки військової техніки, які містять токсичні речовини, такі як важкі метали (свинець, мідь, кадмій), вибухові сполуки, нафтові продукти, які легко розчиняються у воді, збільшуючи рівень хімічного забруднення. Це не тільки створює небезпеку для водних організмів, але й підвищує ризики для здоров'я людини, оскільки вода стає токсичною.

Паливно-мастильні матеріали, що потрапляють у воду з пошкодженої військової техніки, формують на поверхні водою тонку плівку, що блокує доступ кисню з повітря у воду. Це значно знижує рівень розчиненого кисню, що є життєво важливим для водних організмів, таких як риби та мікроорганізми, які відіграють ключову роль у процесах самоочищення водою. Недостатність кисню уповільнює розкладання органічних забруднень, що призводить до їхнього накопичення та подальшого погіршення екологічної ситуації.

Групи тварин, які потрапляють у воду внаслідок бойових дій, є джерелом органічного забруднення, що також пригнічує природні механізми очищення води. При розкладанні органічних матеріалів виділяються продукти гниття, що підвищують рівень біохімічного споживання кисню (БСК), що призводить до ще більшого виснаження кисневих запасів у водоюмах. У результаті цього зростає ризик анаеробних процесів, які генерують токсичні гази, такі як метан і сірководень, що погіршує екологічний стан водоюми.

Додатково, під час військових дій відбувається пошкодження або знеструмлення очисних споруд, які відповідають за обробку стічних вод. Втрата доступу до електроенергії або механічні пошкодження очисних систем призводять до припинення або зниження їхньої ефективності, що спричиняє скиди забруднених або недоочищених стічних вод у водоюми. Накопичення забруднень у водних об'єктах збільшується, що в свою чергу знижує здатність природних систем до самоочищення. Недоочищені стічні води містять високі концентрації органічних і неорганічних забруднюючих речовин, таких як фосфати, нітрати, важкі метали, що спричиняє ще більше навантаження на водну екосистему.

Вплив військових дій на погіршення якості водних ресурсів та екологічну деградацію детально розглядається у таблиці 4, де проаналізовано наслідки для водних об'єктів, де розкрито такі аспекти: забруднення повітря та його вплив на водні екосистеми, забруднення поверхневого стоку, порушення процесів водопідготовки, руйнування критичної інфраструктури, прямі пошкодження водних об'єктів, а також суттєве зменшення біорізноманіття внаслідок змін у водних середовищах. Кожен з цих факторів сприяє екологічній деградації та ускладнює відновлення водних екосистем. Руйнування очисних споруд та інфраструктури ускладнює контроль за якістю води, а зниження біорізноманіття порушує екологічну рівновагу, що може призвести до довготривалих негативних наслідків для довкілля і населення не лише регіону, а й країни в цілому.

Таблиця 4

Вплив військових дій на погіршення якості водних ресурсів та екологічну деградацію

Об'єкт	Причинивиникнення впливу	Наслідки для водних об'єктів	Опис впливу
<i>Повітряне середовище</i>	Вибухи та пожежі внаслідок артилерійських та ракетних обстрілів	Потрапляння небезпечених сполук	Підвищення концентрації шкідливих речовин у повітрі і випадіння їх у вигляді опадів у воду
<i>Поверхневий стік</i>	Пошкодження і руйнування ємностей для зберігання нафти, палива та ін.	Потрапляння забруднюючих речовин	Підвищення концентрації мінеральних і органічних забруднень
<i>Водогосподарські об'єкти</i>	Пошкодження та руйнування водозабірних та насосних станцій, очисних споруд систем водопостачання та водовідведення	Потрапляння неочищених стічних вод, забруднюючих речовин та хімічних сполук.	Зниження ефективності роботи очисних споруд, невідповідність якості питної води, ризик захворювань населення внаслідок вживання непридатної для використання води
<i>Енергетичні та інфраструктурні об'єкти</i>	Пошкодження та руйнування об'єктів, які відповідають за стале функціонування систем	Відсутній нормального функціонування систем, ризик потрапляння небезпечених речовин	Підвищення концентрацій забруднюючих речовин, відсутність належного очищення
<i>Гідротехнічні та водні об'єкти</i>	Пошкодження та руйнування дамб та водосховищ	Погіршення якісних показників, зміна гідрологічних умов	Об'єкти не можуть функціонувати та ефективно виконувати свої функції, що збільшує ризик забруднення
<i>Зменшення біорізноманіття</i>	Загибель водних організмів	Порушення екосистем, забруднення води органічними рештками	Загибель риб та інших організмів спричиняє збільшення органічних забруднень, що погіршує стан водойм

Аналіз наукових публікацій і національних доповідей свідчить, що стан джерел питного водопостачання сьогодні в Україні залишається незадовільним. Наприклад, ще за довоєнних часів у 2021 відповідно до доповіді про стан навколишнього середовища у Харківській області [18] систематично виявлялись порушення при перевірці об'єктів централізованого об'єктів децентралізованого водопостачання [19].

Військові дії спричиняють погіршення якості води через хімічне, фізичне та біологічне забруднення, що впливає на ефективність водопідготовки і стан систем водопостачання. Це, в свою чергу, має безпосередній вплив на здоров'я населення, викликаючи різні захворювання, і водночас сприяє екологічним проблемам через деградацію водних екосистем, а порушення природного циклу очищення води через значне накопичення забруднень також впливає на біорізноманіття: зниження рівня кисню та підвищення концентрації токсичних речовин викликає загибель водних організмів, що порушує екосистемний баланс. Це знижує здатність водойм до відновлення, і забруднення продовжує накопичуватись, перетворюючи водойму на небезпечне середовище для людини і природи.

**Збитки навколишньому середовищу.** Кабінет Міністрів України затвердив постанову від 20 березня 2022 року № 326 «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації». Цей документ встановлює процедуру оцінки збитків і шкоди, яких зазнала Україна внаслідок збройної агресії Росії [14].

Згідно з даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, забруднення водних об'єктів завдало шкоди на суму 40,85 млрд грн. Це еквівалентно 2016 тоннам забруднюючих речовин, які потрапили у водні ресурси [15]. Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами затверджена наказом Міндовкілля від 21.07.2022 № 252 [16].

Важливо встановити причинно-наслідковий зв'язок завдання збитків та дій, спричинених російською агресією. Проведення розрахунків збитків потребує широкого застосування інструментально-лабораторних вимірювань [17].

Значна частина цих збитків пов'язана із руйнуванням інфраструктури, забрудненням водних об'єктів від вибухів, пожеж, витоків палива та хімічних речовин. Знищення або пошкодження гідротехнічних споруд, промислових підприємств та систем водопостачання і водовідведення призводить до неконтрольованого скиду

забруднених стічних вод у водойми. Це ускладнює природні процеси самоочищення води та значно підвищує рівень токсичних речовин у водоймах, зокрема важких металів, нафтопродуктів та хімікатів.

Накопичення цих забруднень в екосистемах може мати довготривалий вплив, спричиняючи погіршення якості питної води, підвищення захворюваності серед населення, а також порушення біорізноманіття водних екосистем. Саме тому оцінка збитків, визначена у нормативно-правових актах, є важливим інструментом для відшкодування екологічних втрат та планування заходів з відновлення водних ресурсів.

**Висновок.** Якість води в Харківській області має безпосередній вплив на водопостачання України в цілому, оскільки регіон є одним із ключових джерел прісної води для сусідніх областей. Погіршення якості води через забруднення може призвести до збільшення витрат на очистку та забезпечення безпечного водопостачання для населення. Аналіз стану поверхневих вод Харківської області показує наявність певних перевищень встановлених норм якості вод рибогосподарського призначення за такими показниками, як азот амонійний, нітритний азот, хлориди та БСК<sub>5</sub>, що свідчить про негативний вплив промислових і побутових стоків. Сезонні зміни, зокрема взимку, демонструють тимчасове поліпшення кисневого режиму та зменшення органічного забруднення, але водночас підвищується концентрація хлоридів та сульфатів. Дані щодо кількості підприємств, які здійснюють скиди зворотних вод, свідчать про стабільне промислове навантаження на водні ресурси регіону, що свідчить про необхідність посилення контролю та впровадження більш ефективних методів очищення вод, щоб мінімізувати вплив антропогенних факторів на екосистеми і забезпечити стійкий розвиток водних ресурсів.

Військові дії мають значний негативний вплив на якість води у поверхневих водних об'єктах, спричиняючи забруднення хімічними речовинами, органічними відходами та токсичними продуктами горіння. Порушення роботи очисних споруд та знеструмлення ускладнюють процес очищення стічних вод, що призводить до скидів недоочищених вод і посилює забруднення водойм. Це, в свою чергу, порушує природні процеси самоочищення, знижує рівень кисню у воді та сприяє накопиченню шкідливих речовин. Забруднена вода не лише негативно впливає на біорізноманіття і екосистему, а й створює загрозу для здоров'я людей. Зокрема, у Харківській області суттєво погіршився стан водних об'єктів, спричинивши забруднення хімічними та органічними речовинами через пошкодження інфраструктури і потрапляння шкідливих речовин у водойми. Аналіз якості води показує значне перевищення допустимих концентрацій забруднюючих речовин, що загрожує екосистемі.

Післявоєнне відновлення України, особливо Харківської області, є критично важливим етапом для відновлення економіки та екологічної стабільності. Військові дії завдали значної шкоди інфраструктурі, в тому числі системам водопостачання та водовідведення, що негативно вплинуло на якість води та екосистеми. По завершенню війни необхідно зосередити зусилля на комплексному відновленні водних ресурсів, яке включає модернізацію очисних споруд шляхом інтенсифікації існуючих споруд або впровадженням нових технологій очистки води, а також відновлення пошкоджених екосистем. Одним із пріоритетних напрямків відновлення є створення ефективних систем моніторингу якості води, що дозволить оперативно виявляти забруднення та контролювати екологічну ситуацію. Це включає розробку бази даних про стан водних об'єктів, що сприятиме ухваленню обґрунтованих рішень щодо управління водними ресурсами.

Окрім вищезазначених заходів, потрібно також запроваджувати освітні програми для населення щодо важливості збереження водних ресурсів та екологічної свідомості. Залучення громади до процесів планування та реалізації проєктів з охорони вод може суттєво підвищити стан довкілля, зробити кращі умови для безпечного життя та розвитку людей.

#### Джерела.

1. Директива Європейського Парламенту і Ради 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок заходів Співтовариства в галузі водної політики №994\_962. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text) (дата звернення: 01.10.2024).
2. Директива Ради від 12 грудня 1991 року щодо захисту вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел №987\_002-91. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/987\\_002-91#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/987_002-91#Text) (дата звернення: 01.10.2024).
3. Česonienė, L., Šileikienė, D., Dapkienė, M. Relationship between the Water Quality Elements of Water Bodies and the Hydrometric Parameters: Case Study in Lithuania. *Water*, 12(2), 2020, 500. <https://doi.org/10.3390/w12020500>
4. Колісник А.В., Юрасов С.Н. Вдосконалення методики комплексної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2009. – вип. 7. – с. 192 – 202.
5. Сніжко С. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України (повний звіт за результатами проєкту). / Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. // Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021, 68 с.
6. Rudkiwal, A. Biological indicators to check water quality in plastic-heavy water bodies. *Journal of Ecobiotechnology*, 1-9, 2022. <https://doi.org/10.25081/jebt.2022.v14.7290>
7. Гриб Й. В. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер / М. О. Клименко, В. В. Сондак, В. І. Гринюк, Д. Й. Войтишина. – Рівне: НУВГП, 2012. – 246 с.
8. Кратко О. Параметри хімічного складу водних об'єктів та їх вплив на якість води // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2017. Вип. 7. С. 115-118. <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2017-356-7-115-118>
9. Fernandez-Lopez, C., Posada-Baquero, R., Ortega-Calvo, J.-J. Nature-based approaches to reducing the environmental risk of organic contaminants resulting from military activities. *Science of The Total Environment*, 843, 2022, 157007. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157007>
10. Biswas A. K. Scientific assessment of the long-term environmental consequences of war. In: Austin, J.E., Bruch, C.E. (Eds.), *The Environmental Consequences of War*. Cambridge University Press: 303 – 315, 2000.
11. Бондар О. І., Гандзюра В. П., Матвієнко М. Г. Вплив воєнних дій та їх наслідків на довкілля України. *Екологічні науки*. 2023. № 1(52). С. 7-15.
12. Kaminski I. Could Russia be prosecuted for environmental harm in Ukraine? *The Wire Science*, 2022. URL: <https://science.thewire.in/environment/russia-prosecuted-environmental-harm-ukraine/>

13. Lawrence M. J., Stemberger H. L. J., Zoldero A. J., Struthers D. P., Cooke S. J. The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment. *Environ. Rev.*, 23: 443 – 460, 2015.
14. Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації : Постанова Кабінету Міністрів України від 20 бер. 2022 р. № 326 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення 19.10.2024р.)
15. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Водні ресурси. Збитки. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/damage/water> (дата звернення 19.10.2024р.)
16. Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами : Наказ Міністерства довкілля та природних ресурсів України від 21 лип. 2022 р. № 252. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#Text> (дата звернення 19.10.2024р.)
17. Романенко М. М., Крисінська Д. О., Тимченко І. В. Аналітичне дослідження методик розрахунку збитків довкіллю від воєнних дій. *Екологічні науки*. 2024. № 3(54). С. 127-138.
18. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2021 р. Харків, 2022. URL: [https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1182/118159/Attaches/regionalna\\_dopovid\\_2021\\_harkivska\\_oblast.pdf](https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1182/118159/Attaches/regionalna_dopovid_2021_harkivska_oblast.pdf)
19. Шестопапов О. В., Сакун А. О., Лізантан П. С., Кануннікова Н. О., Гайдучек О. Г., Томашевський Р. С., Воробйов Б. В. Аналіз показників якості води: сучасні аспекти і виклики. *Екологічні науки*. 2024. № 3(54). С. 76-82.
20. Екологічний паспорт Харківської області за 2023 р., Харків, 2024. URL: [https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1282/128134/Attaches/ekologichniy\\_pasport\\_harkivskoyi\\_oblasti\\_2023\\_rik.pdf](https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1282/128134/Attaches/ekologichniy_pasport_harkivskoyi_oblasti_2023_rik.pdf)
21. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2023 р. Харків, 2024. URL: [https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1285/128411/Attaches/regionalna\\_dopovid\\_2023\\_harkiv.pdf](https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1285/128411/Attaches/regionalna_dopovid_2023_harkiv.pdf)
22. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. URL:<http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>(дата звернення 19.10.2024р.)
23. Сняк О.В., Кошлякова І.С. Потенційна небезпека для довкілля та населення від нафтохімічного забруднення геологічного середовища внаслідок бойових дій. *Екологічні науки*. 2023. № 6(51). С. 136-141.

**Петльований Михайло Володимирович**

Кандидат технічних наук, доцент

ORCID: 0000-0002-8911-4973

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

**Борисовська Олена Олександрівна**

Кандидат технічних наук, доцент

ORCID: 0000-0001-7309-0236

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

**Сай Катерина Сергіївна**

Кандидат технічних наук, доцент

ORCID: 0000-0003-1488-3230

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

## 5.2. Оцінка ступеня небезпечності відходів гірничо-металургійного комплексу, механізми та ефективність їх утилізації у проєктах рекультивациі порушеної земної поверхні

*Представлене дослідження спрямоване на вивчення ступеню шкідливості та екологічної небезпеки накопиченого різноманіття промислових відходів Криворізького залізрудного басейну й розробки механізмів утилізації найбільш шкідливих типів з акцентом на рекультивацию порушеної земної поверхні. Виявлено геопросторове розташування та ідентифіковано основне видове різноманіття й обсяги накопичених відходів у Криворізькому залізрудному басейні. Виконано ранжування промислових відходів Криворізького регіону за ступенем екологічної небезпеки на основі виокремлених важливих факторів і розроблено бальну систему оцінювання. Визначено наступний рівень екологічної небезпеки: «надзвичайно високий» – хвостосховища; «високий» – відвали кар’єрних і шахтних порід, золошлаковідвалита відвали доменних шлаків; «помірний» – відвали інших металургійних шлаків. Пріоритетними до утилізації визнано дрібнодисперсні хвости збагачення залізних руд. Запропоновано та розроблено технологічну схему формування комбінованого закладного масиву в техногенних пустотах за сезонним підходом – у теплий період здійснюється формування пастового закладання з хвостів збагачення, а у прохолодний період – формування породного закладання з відвальних порід. Визначено, що застосування технології комбінованого закладання техногенних пустот з метою відновлення порушеної земної поверхні у Криворізькому регіоні здатне принести низку позитивних змін за технологічними, екологічними та соціально-економічними аспектами.*

**1. Вступ.** Динамічне збільшення чисельності населення планети призводить до інтенсифікації споживання природних ресурсів, основними з яких є широке різноманіття корисних копалин, що використовуються у різних галузях економіки – будівельна, металургійна, військова, медична, інформаційні технології тощо [1, 2]. Для отримання первинної сировини для цих галузей у всьому світі функціонує значна кількість гірничодобувних та переробних підприємств. Внаслідок їх функціонування компоненти природного навколишнього середовища потерпають від потужного комплексного техногенного навантаження: забруднення земної поверхні складованими відходами, скидання шахтних і кар’єрних вод у річки та водойми, пилогазове забруднення атмосфери, деградація ґрунтів біорізноманіття та інше [3, 4].

Особливого ураження зазнає верхній шар літосфери внаслідок вилучення мільярдів кубометрів гірничої маси, причому рекультивацийні заходи, що спрямовані на повернення земної поверхні, значно відстають як за об’ємами, так і у часі. Так, з проінспектованих по всьому світу 34000 родовищ корисних копалин