

УДК 54:054(479.22)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-1>

Ольга БЄДУНКОВА

доктор біологічних наук, доцент, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

ORCID: 0000-0003-4356-4124

Scopus-Author ID: 57193439260

Ігор СТАТНИК

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

ORCID: 0000-0001-7007-7319

Анастасія ЯХНЮК

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

ORCID: 0000-0002-6102-2655

Бібліографічний опис статті: Бедункова, О., Статник, І., Яхнюк, А. (2021). Аналіз самоочисної здатності річки Замчисько за даними багаторічних спостережень. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 3–9, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-1>

АНАЛІЗ САМООЧИСНОЇ ЗДАТНОСТІ РІЧКИ ЗАМЧИСЬКО ЗА ДАНИМИ БАГАТОРІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Мета роботи. Актуальним питанням під час визначення рівнів допустимого навантаження на водні об'єкти є оцінка самоочисної здатності водойм. Самоочисні процеси водних об'єктів – це результат взаємодії складного комплексу гідродинамічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та гідробіологічних процесів, які спрямовані на відновлення екологічного добробуту водного об'єкта. Однак існують науково підтверджені методи розрахункової оцінки самоочисної здатності водойм за набором гідрохімічних показників. Метою статті є проведення аналізу самоочисної здатності малої річки Замчисько за багаторічними даними гідрохімічного контролю якості поверхневих вод. **Методологія.** Проби води для аналізу відбирали раз на рік, у період літньої межени, впродовж 2013–2021 рр. у двох створах: створ № 1 – у межах м. Костопіль, на 500 м нижче за скид з о/с «Костопільводоканал»; створ № 2 – на 50 м вище гирла річки, поблизу впадіння в р. Горинь. Отримані за роки спостережень результати гідрохімічного аналізу поверхневих вод мали статистичну достовірність для кожного з показників ($p \leq 0,05$). **Наукова новизна.** Під час розрахунків самоочисної здатності річки з'ясовано, що найвищий ступінь самоочищення характерний для хлоридів (88,48%), азоту амонійного (84,58%) та фосфору фосфатів (80,75%); середній ступінь самоочищення мали азот нітритний (62,88%), азот нітратний (57,9%) та показники БСК₅ (52,97%) і ХСК (34,88%); найнижчий ступінь самоочищення поверхневих вод річки було виявлено для завислих речовин (21,67%), вмісту в воді розчиненого кисню (23,74%) та фторидів (4,25%). **Висновки.** Зроблено припущення, що речовини, за якими не було підтверджено прояву самоочисної здатності поверхневих вод (сульфати, залізо, мідь, цинк, марганець), мають здебільшого фонове походження. А їхні концентрації у створі № 1, які виявилися меншими за концентрації у створі № 2, можуть бути пояснені процесом розбавлення внаслідок надходження певних об'ємів стічних вод.

Ключові слова: гідрохімічні показники, поверхневі води, самоочищення.

Olga BIEDUNKOVA

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Ecology, Environmental Protection and Forestry Technologies, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna str., Rivne, Ukraine, 33028

ORCID: 0000-0003-4356-4124

Scopus-Author ID: 57193439260

Igor STATNYK

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ecology, Environmental Protection Technologies and Forestry Technologies, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna str., Rivne, Ukraine, 33028

ORCID: 0000-0001-7007-7319

Anastasia YAKHNIUK

Applicant for higher education of the first (bachelor's) level, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna str., Rivne, Ukraine, 33028

ORCID: 0000-0002-6102-2655

To cite this article: Biedunkova, O., Statnyk, I., Yakhniuk, A. (2021). Analiz samoochysnoi zdatnosti richky Zamchysko za danymy bahatorichnykh sposterezhen [Analysis of the self-cleaning capacity of the Zamchysko river according to long-term observations]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 3–9, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-1>

ANALYSIS OF SELF-CLEANING CAPACITY OF THE ZAMCHYSCHKO RIVER ACCORDING TO MULTIPLE OBSERVATIONS

Purpose of the work. A relevant issue in determining permissible load levels on water bodies is the assessment of the self-cleaning capacity of water bodies. The self-cleaning processes of water bodies are the result of the interaction of a complex of hydrodynamic, physico-chemical, microbiological and hydrobiological processes aimed at restoring the ecological well-being of water bodies. However, there are scientifically proven methods for estimating the self-cleaning capacity of water bodies from a set of hydrochemical indicators. The purpose of the article was to analyze the self-cleaning capacity of the small Zamchysko River according to long-term hydrochemical quality control data of surface waters. Methodology. Water samples for analysis were collected once a year, during the summer interlude, during 2013–2021. The works were carried out on two folds: Flap 1 – within the limits of Kostopol, 500 m below the discharge from the cleaning facilities; Flap 2 – 50 m above the mouth of the river, close to the confluence of Goryn river. The results of the hydrochemical analysis of surface waters obtained over the years were statistically reliable for each of the indicators ($p \leq 0.05$). Scientific novelty. When calculating the self-cleaning capacity of the river, it was found that the highest degree of self-cleaning was found for chlorides (88.48%), ammonium nitrogen (84.58%) and phosphorus phosphate (80.75%); the average degree of self-cleaning was nitrite nitrogen (62.88%), nitrate nitrogen (57.9%) and the biochemical consumption of the co-loride (52.9%) and the chemical consumption of oxygen (34.88%); low self-purification of the river's surface water was found for suspended matter (21.67%), dissolved oxygen (23.74%) and fluoride (4.25%). Conclusion. Conclusion makes the assumption for which the self-cleaning capacity of surface waters (sulphates, iron, copper, zinc, manganese) has not been confirmed are assumed to have mainly background origin. And the concentrations in Flap 1, which were lower than the concentrations in Flap 2, can be explained by the dilution process due to the discharge of certain volumes of wastewater.

Key words: hydrochemical performance, surface water, self-cleaning.

Актуальність проблеми. Інтенсивний антропогенний вплив на фоні кліматичних змін та гідрологічних умов позначається відчутним навантаженням на водні об'єкти. Надходження та накопичення забруднювальних речовин, які часто мають токсичні ефекти, призводять до порушення процесів самоочисної здатності водойм та їх поступової деградації. Саме тому актуальності набувають підходи до визначення рівня

допустимого навантаження на водні об'єкти, коли антропогенне навантаження ще може компенсуватися процесами самоочищення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Самоочисні процеси водних об'єктів є результатом взаємодії складного комплексу гідродинамічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та гідробіологічних процесів, які спрямовані на відновлення екологічного добробуту

водного об'єкта. Інтенсивність процесу залежить від обсягу води і дії чинників перемішування водних мас (течії та вітру), кількості сонячної радіації і суми активних температур. Здебільшого самоочищення водою залежить від географічного розташування, морфометрії та геологічних умов. У теплих поясах самоочищення водних екосистем відбувається швидше, ніж у холодних, а в зимовий період – менш інтенсивно, ніж у літній (Никаноров, 2001: 346).

Чимало наукових праць присвячено вивченню та розробкам моделей самоочисної здатності окремих великих водойм і водотоків (Аніщенко, 2008), (Гринюк, 2018), (Децук, 2019). Значно менше наукових розвідок досліджують питання самоочищення малих річок як первинних ланок гідрологічних мереж, котрі чітко відображають регіональну гідрохімічну специфіку. Відомо, що рівень антропогенного навантаження на малі річки часто перевищує допустимі межі, а погіршення їхнього екологічного стану проявляється процесами евтрофікації, виснаження і забруднення поверхневих вод, замулювання русла та забруднення донних осадів. Основними забруднювальними речовинами малих річок є сполуки металів, фосфати, сульфати, феноли, амонійний та нітритний азот, органічні речовини (Никаноров, 2001: 64).

Загалом проблеми малих річок аналогічні проблемам великих водотоків: скиди комунально-побутових і промислових стічних вод, характеристики яких не відповідають встановленим нормативам якості; надходження забрудненого поверхневого стоку з міських та сільськогосподарських територій; порушення природних гідрологічних та гідрохімічних режимів під час будівництва гідротехнічних споруд; втрати стоку в разі вилучення на питні, сільськогосподарські та інші потреби (Никаноров, 2001: 147), (Аніщенко, 2008), (Венеціанов и др., 2014).

Цікавим, на наш погляд, є виокремлення пріоритетних груп малих річок, які мають загальні типологічні особливості та становлять особливу увагу (Децук, 2019): річки, що мають індикаторне фонове значення; річки в умовах інтенсивного неконтрольованого впливу дифузного стоку; річки у великих агломераціях; річки, які приймають значні об'єми стічних вод. Зазначені аспекти так чи інакше визначають потенціал самоочисної здатності річки, що

також має враховуватися в екологічних підходах до оцінювання цього явища.

Мета і методика дослідження. Метою статті було відстеження прояву самоочисної здатності малої річки Замчисько за даними багаторічних спостережень гідрохімічних характеристик поверхневих вод. Розрахунки проводили за формулами (Никаноров, 2001: 350).

Сумарний коефіцієнт швидкості самоочищення (K , год.⁻¹, діб⁻¹):

$$K = \frac{2,3}{\tau} \lg \frac{C_0}{C_\tau}, \quad (1)$$

де τ – час проходження води між створами, год., діб; C_0 – вихідна концентрація речовини у початковому створі ділянки, мг/л; C_τ – концентрація речовини у кінцевому створі ділянки через час τ , мг/дм³:

$$\tau = l / 86400 \cdot V_{cp}, \quad (2)$$

де l – відстань за фарватером річки між створами спостережень, м; V_{cp} – середня швидкість течії води на ділянці річки між створами спостережень, м/с; 86400 – кількість секунд у добі.

Самоочищувальна здатність води ($C3$, %) на ділянці річки визначається за формулою:

$$C3 = [(C_0 - C_\tau) / C_0] \cdot 100. \quad (3)$$

Концентрації речовин у поверхневих водах отримували в результаті лабораторного аналізу відібраних проб води за загальноприйнятими методиками. Проби відбирали раз на рік, у період літньої межени, впродовж 2013–2021 рр. у двох створах: створ № 1 – у межах м. Костопіль, на 500 м нижче за скид з о/с «Костопільводоканал»; створ № 2 – на 50 м вище гирла річки, поблизу впадіння в р. Горинь.

Математичну обробку та графічне представлення даних виконували за допомогою програмного забезпечення Statistica 8.0. Перевірка статистичної ймовірності даних проводилася за t -критерієм Стьюдента (Айвазян, 1985).

Виклад основного матеріалу. Річка Замчисько – права притока р. Горинь, басейн якої розташований у межах лісової частини Рівненської області (рис. 1). Довжина річки становить 43,2 км, площа водозбору – 336 км², лісистість – 44,6%, заболоченість – 1,22%. Річка має одну притоку довжиною понад 10 км, коефіцієнт густоти гідрологічної мережі – 0,16 км/км². Норма стоку річки – 31,8 млн м³, стік у маловодні роки забезпеченістю 75% та 95% в межах 21,3 та 12,6 млн м³, відповідно.

Зведені результати гідрохімічної характеристики поверхневих вод р. Замчисько у створах спостережень наведено в табл. 1, 2.

Так, одержані за роки спостережень результати гідрохімічного аналізу поверхневих вод

мали статистичну достовірність для кожного з показників ($p \leq 0,05$).

Отримані дані для двох створів дали змогу провести розрахункову оцінку прояву самоочисної здатності досліджуваної річки (рис. 2).

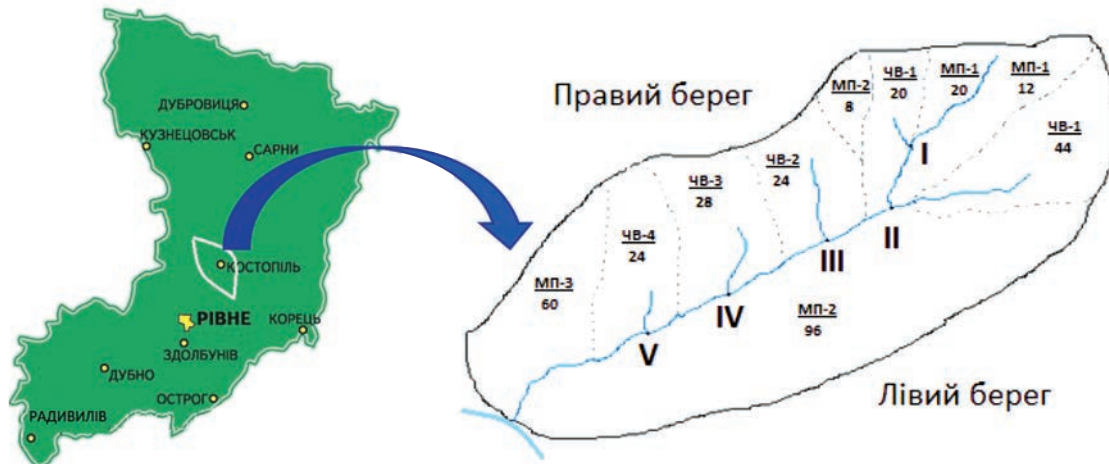


Рис. 1. Розташування та структура басейну р. Замчисько (у чисельнику МП – міжприточний простір, ЧВ – частинний водозбір; у знаменнику – площа ділянки, км²)

Таблиця 1

Статистична обробка результатів гідрохімічного аналізу поверхневих вод р. Замчисько, створ № 1 (2013–2021 рр.)

Variable	Test of means against reference constant (value) (Spreadsheet2)							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
Сульфати, мг/дм ³	31,9583	5,2097	9	1,73656	0,00	18,4032	8	0,000000
Хлориди, мг/дм ³	15,3667	10,2158	9	3,40528	0,00	4,5126	8	0,001969
Завислі речовини, мг/дм ³	11,7444	7,9169	9	2,63898	0,00	4,4504	8	0,002138
pH	7,5189	0,2076	9	0,06921	0,00	108,6376	8	0,000000
Азот амонійний, мг/дм ³	2,4650	2,2107	9	0,73690	0,00	3,3451	8	0,010154
Азот нітратний, мг/дм ³	1,0689	0,7943	9	0,26477	0,00	4,0370	8	0,003751
Азот нітритний, мг/дм ³	0,0997	0,0415	9	0,01383	0,00	7,2085	8	0,000092
Фосфор фосфатів, мг/дм ³	0,9350	1,0622	9	0,35407	0,00	2,6407	8	0,029680
ХСК, мг/дм ³	46,1000	8,1746	9	2,72487	0,00	16,9182	8	0,000000
БСК ₅ , мг/дм ³	6,4850	2,4025	9	0,80085	0,00	8,0977	8	0,000040
O ₂ , мг/дм ³	7,2717	3,0468	9	1,01561	0,00	7,1599	8	0,000096
Залізо, мкг/дм ³	385,6667	27,8388	9	9,27961	0,00	41,5607	8	0,000000
Мідь, мкг/дм ³	17,3333	3,5000	9	1,16667	0,00	14,8571	8	0,000000
Цинк, мкг/дм ³	14,0000	7,9530	9	2,65100	0,00	5,2810	8	0,000745
Марганець, мкг/дм ³	27,3333	10,8282	9	3,60940	0,00	7,5728	8	0,000065
Фториди, мкг/дм ³	288,8889	242,5616	9	80,85385	0,00	3,5730	8	0,007262

Таблиця 2

Статистична обробка результатів гідрохімічного аналізу поверхневих вод
р. Замчисько, створ № 2 (2013–2021 рр.)

Variable	Test of means against reference constant (value) (Spreadsheet2)							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
Сульфати, мг/дм ³	40,5067	17,6929	9	5,8976	0,00	6,86830	8	0,000129
Хлориди, мг/дм ³	1,7730	1,0666	9	0,3555	0,00	4,98674	8	0,001070
Завислі речовини, мг/дм ³	9,2000	5,6771	9	1,8924	0,00	4,86160	8	0,001253
pH	7,5556	0,2492	9	0,0831	0,00	90,95617	8	0,000000
Азот амонійний, мг/дм ³	0,3800	0,0843	9	0,0281	0,00	13,52931	8	0,000001
Азот нітратний, мг/дм ³	0,4544	0,2142	9	0,0714	0,00	6,36330	8	0,000217
Азот нітритний, мг/дм ³	0,0370	0,0071	9	0,0024	0,00	15,61987	8	0,000000
Фосфор фосфатів, мг/дм ³	0,1856	0,0219	9	0,0073	0,00	25,46726	8	0,000000
ХСК, мг/дм ³	35,0167	6,8854	9	2,2951	0,00	15,25692	8	0,000000
БСК ₅ , мг/дм ³	3,0456	1,2978	9	0,4326	0,00	7,03992	8	0,000108
O ₂ , мг/дм ³	9,5122	1,7849	9	0,5950	0,00	15,98763	8	0,000000
Залізо, мкг/дм ³	937,3333	547,0247	9	182,3416	0,00	5,14054	8	0,000885
Мідь, мкг/дм ³	49,0000	38,3112	9	12,7704	0,00	3,83700	8	0,004968
Цинк, мкг/дм ³	25,3333	16,5756	9	5,5252	0,00	4,58506	8	0,001790
Марганець, мкг/дм ³	38,3333	22,2542	9	7,4181	0,00	5,16756	8	0,000856
Фториди, мкг/дм ³	276,6667	174,8571	9	58,2857	0,00	4,74673	8	0,001451

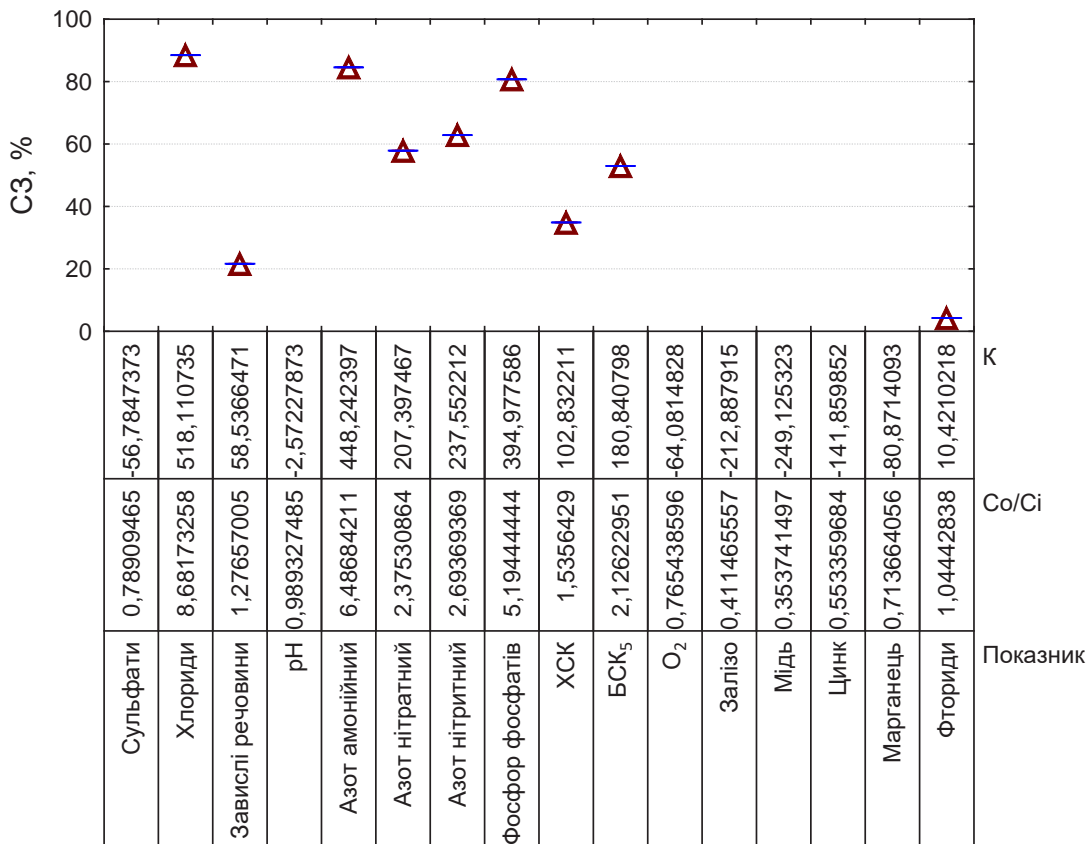


Рис. 2. Розрахункова оцінка самоочисної здатності р. Замчисько за даними багаторічних спостережень (2013–2021 рр.)

У середньому за досліджуваний період найвищий ступінь самоочищення був характерний для хлоридів (88,48%), азоту амонійного (84,58%) та фосфору фосфатів (80,75%). Середній ступінь самоочищення мали азот нітритний (62,88%), азот нітратний (57,9%) та показники БСК₅ (52,97%) і ХСК (34,88%). Найнижчий ступінь самоочищення поверхневих вод річки було виявлено для завислих речовин (21,67%) та фторидів (4,25%). Решта проаналізованих речовин мали розрахований показник самоочисної здатності нижче нуля, що свідчило про відсутність прояву самоочищення поверхневих вод річки. Однак слід зауважити, що середній багаторічний вміст розчиненого кисню у створі № 2 ($9,51 \pm 1,78$ мгО₂/дм³) був вищим за його вміст у створі № 1 ($7,27 \pm 3,05$ мгО₂/дм³). Тож перерахунок показника СЗ виявляє ступінь самоочищення на рівні 23,74%. Цілком очевидно, що зростання показника вмісту в воді розчиненого кисню свідчить про покращення екологічного стану річки, адже водночас із проявом самоочищення за вмістом кисню проявляється і самоочищення води за вмістом розчинених органічних речовин (за показниками БСК₅ і ХСК), а також за вмістом речовин азотної групи та фосфатів.

Припускаємо, що речовини, за якими не було підтверджено прояву самоочисної здатності поверхневих вод (сульфати, залізо, мідь, цинк, марганець), мають здебільшого фонове по-

дження. А їхні концентрації у створі № 1, які виявилися меншими за концентрації у створі № 2, можуть бути пояснені процесом розбавлення внаслідок надходження певних об'ємів стічних вод.

Таким чином, більшість проаналізованих показників якості поверхневих вод малої річки Замчисько зменшує свої концентрації за течією, після надходження стічних вод та характеризується різним проявом самоочисної здатності.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Середні багаторічні дані гідрохімічних показників якості поверхневих вод малої річки Замчисько мають відмінні концентрації на різних ділянках річки з підтвердженою статистичною достовірністю ($p \leq 0,05$). Після надходження стічних вод у середній течії річки прояв самоочисної здатності в створі поблизу гирла водойми мали 10 із 16 показників, зокрема: хлориди (88,48%), азот амонійний (84,58%), азот нітратний (57,9%), азот нітритний (62,88%), фосфор фосфатів (80,75%), БСК₅ (52,97%), ХСК (34,88%) та вміст розчиненого в воді кисню (23,74%) тощо. Відсутність прояву самоочисної здатності таких показників якості, як вміст сульфатів, заліза, міді, цинку та марганцю, пояснюється їхнім природним фоновим вмістом у поверхневих водах річки. Отримані дані можуть мати практичне значення під час планування нормативів скидання стічних вод до р. Замчисько.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика: исследование зависимостей : справ. издание. Москва : Финансы и статистика, 1985. 487 с.
2. Аніщенко Л.Я. Розрахункові показники для критеріїв екологічно безпечних рівнів відбору води з малих річок. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2008. № 5. С. 59–65.
3. Венецианов Е.В., Аджиев Г.В., Щеголькова Н.М. Загрязнение и самоочищение малых рек: процессы, мониторинг, охрана : материалы лекций II Всероссийской школы-конференции. Ярославль : Фелигрань, 2014. С. 24–41.
4. Гринюк В.І. Дослідження процесів самоочищення правих приток річки Свічі басейну Дністра. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. № 28. С. 77–82.
5. Децук В.С. Оценка загрязнения водных объектов : учеб.-метод. пособие. Гомель : БелГУТ, 2019. 43 с.
6. Никаноров А.М. Гидрохимия. Санкт-Петербург : Гидрометеоздат, 2001. 444 с.

REFERENCES:

1. Ajvazyan, S.A. (1985) Prikladnaya statistika: issledovanie zavisimostej : sprav. izdanie [Applied Statistics: Dependency Study: A Reference Publication]. Moscow : Finance and statistics. 487 p. [in Russian]
2. Anishchenko, L.Ya. (2008) Rozrakhunkovi pokaznyky dlia kryteriiv ekolohichno bezpechnykh rivniv vidboru vody z malykh richok [Estimated indicators for the criteria of environmentally safe levels of water abstraction from small rivers]. *Ecology of the environment and safety of life*. P. 59–65. [in Ukrainian]

3. Detsuk, V.S. (2019) Otsenka zagryazneniya vodnykh obyektov : ucheb.-metod. posobiye [Assessment of water pollution : Training.-Method. Manual]. Gomel : BelGUT. 43 p. [in Russian]
4. Hryniuk, V.I. (2018) Doslidzhennia protsesiv samoochyshchennia pravykh pryток richky Svichi baseinu Dnistra [Research of processes of self-cleaning of the right tributaries of the river Svicha of the Dniester basin]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*. P. 77–82. [in Ukrainian]
5. Nikanorov, A.M. (2001) Gidrokimiya. [Hydrochemistry]. SPb. : Gidrometeoizdat. 444 p. [in Russian]
6. Venetsianov, E.V., Adzhiyenko, G.V., Shchegolkova, N.M. (2014) Zagryazneniye i samoochishcheniye malykh rek: protsessy, monitoring, okhrana. [Pollution and self-cleaning of small rivers: processes, monitoring, protection]. *Materials of lectures of the 2nd All-Russian School-Conference*. Yaroslavl : Filigren. P. 24–41. [in Russian]