

УДК 504.453

© 2020

**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ
ПОВЕРХНЕВИХ ВОД МАЛИХ РІЧОК
БАСЕЙНУ р. ЗАХІДНИЙ БУГ
ЗА РІВНЕМ ЗАБРУДНЕНOSTІ
(НА ПРИКЛАДІ р. ГАПА)***А.В. Яцик¹, І.А. Яцик², І.В. Гончак³, Т.О. Басюк⁴**¹доктор технічних наук, академік НААН**²кандидат економічних наук**^{3,4}кандидати географічних наук**^{1,2}Український науково-дослідний інститут водогосподарсько-екологічних проблем
Інженерний провулок, 4б, м. Київ, 01010, Україна**³Національний університет водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна**⁴Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука
вул. акад. С. Дем'янчука, 4, м. Рівне, 33000, Україна**e-mail: ^{1,2}undiwep@gmail.com, ³gopchak_igor@ukr.net, ⁴tanya_basyuk@ukr.net**ORCID: ³0000-0003-4774-5504, ⁴0000-0003-2861-0460*

Надійшла 26.04.2019

Мета. Виконати оцінку стану поверхневих вод р. Гапа за рівнем забрудненості. **Методи.** Загальну оцінку рівня забрудненості води річки здійснено за допомогою методики розрахунку коефіцієнта забрудненості. Величина коефіцієнта забрудненості характеризує кратність перевищення нормативів у частках граничнодопустимої концентрації. За допомогою отриманих числових значень коефіцієнта забрудненості можна оцінити стан води за рівнем забрудненості. Установлено, що впродовж усього періоду досліджень, відхилення від норми граничнодопустимої концентрації простежуються за такими показниками: біологічне споживання кисню (БСК₅), уміст амонію, нітритів, фосфору, марганцю, заліза загального. Дослідження проведено за середньорічними значеннями гідрохімічних показників за період 2014–2018 рр. на затвердженому пункті державного моніторингу якості води р. Гапа (2 км вище від гирла річки, нижче оз. Ягодинське). **Результати.** На підставі узагальнення, систематизації та аналізу результатів режимних спостережень служб моніторингу якості поверхневих вод виконано оцінку стану поверхневих вод р. Гапа за рівнем забрудненості. Установлено, що найбільший вплив на функціонування річкової екосистеми здійснює антропогенний чинник, порушуючи при цьому природний стан водотоку, привносячи невластиві компоненти, що безпосередньо погіршують її якість. **Висновки.** Установлено, що стан води в р. Гапа за рівнем забрудненості нині відповідає III класу якості, що характеризує поверхневі води як «помірно забруднені». Визначення рівня забрудненості води р. Гапа має велике значення для оцінки екологічного стану в басейні р. Західний Буг, основних напрямів водоохоронної діяльності, оздоровлення екологічного стану кожного водного об'єкта та встановлення екологічних нормативів якості води.

Ключові слова: екологічний моніторинг, водні ресурси, гідрохімічні показники, екосистема.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-11>

Проблема екологічного стану поверхневих вод є актуальною для всіх водних басейнів України.

По всій території України державні органи наразі проводять регулярний моніторинг якості поверхневих вод. Не є винятком також басейн р. Гапа, якість поверхневих вод якої знаходиться під значною увагою, оскільки вона є правою притокою транскордонної р. Західний Буг [1, 2].

Метою екологічної оцінки якості поверхневих вод є упорядкування наявних матеріалів з вихідними даними, проведення екологічної оцінки стану водного об'єкта та розробка рекомендацій із застосування одержаних результатів досліджень у практичній діяльності природоохоронних організацій. Основні завдання екологічної оцінки якості води полягають у дослідженні формування якісних показників поверхневих водних ресурсів у конкретних природно-кліматичних умовах, проведенні ретроспективної екологічної оцінки якості води, вивченні динаміки накопичення забруднювальних речовин у водних об'єктах, дослідженні екологічних параметрів стоку поверхневих вод, розробці конкретних заходів щодо поліпшення показників поверхневих вод [1–3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у методологію комплексної інтегральної оцінки екологічного стану басейнів річок зробили В.К. Хільчевський, М.Р. Забокрицька [2], В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіук [4, 5], С.І. Сніжко [1], Й.В. Гриб, М.О. Клименко та ін. [6].

Мета досліджень — виконати оцінку стану поверхневих вод р. Гапа за рівнем забрудненості.

Матеріали та методи. Для оцінки рівня забрудненості поверхневих вод р. Гапа використано метод порівняння гідрохімічних показників з нормами ГДК [4–8]. На першому етапі досліджень було проведено збір, систематизацію та обробку наявної вихідної гідрохімічної інформації щодо якості води р. Гапа.

Загальну оцінку рівня забрудненості води річки здійснено за допомогою методики розрахунку коефіцієнта забрудненості (КЗ) [5, 6], розробленої Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем (м. Харків) і затвердженої Міністерством охорони навколишнього природного середовища № 89-М від 4 червня 2003 р. Ця методика комплексної оцінки якості води ґрунтується передусім на показниках хімічного складу води і дає змогу використовувати інформацію моніторингу поверхневих вод Державного управління охорони навколишнього природного середовища.

Величина КЗ є узагальненим показником, що характеризує рівень забрудненості сукупно за низкою гідрохімічних показників. Величина КЗ характеризує кратність перевищення нормативів у частках ГДК [9]. Під час визначення КЗ було використано дещо спрощену формулу:

$$K3 = \sum_{i=10}^{10} \left(\frac{1}{N_i} \sum_{n=1}^{N_i} x_{in} \right);$$

$$x_{in} = \begin{cases} \text{якщо } C_{in} > \text{ГДК}_i \rightarrow x_{in} = \frac{C_{in}}{\text{ГДК}_i} \\ \text{якщо } C_{in} \leq \text{ГДК}_i \rightarrow x_{in} = 1 \end{cases}$$

де i — порядковий номер показника; N_i — загальна кількість вимірювань i -того показника; x_{in} — кратність перевищення ГДК за n -го вимірювання i -того показника; C_{in} — фактична концентрація i -тої речовини у воді; ГДК_i — граничнодопустима концентрація i -тої речовини у воді.

За допомогою отриманих числових значень КЗ можна оцінити стан води за рівнем забрудненості (табл. 1).

Дослідження проведено за середньорічними значеннями гідрохімічних показників за період із 2014 р. по 2018 р. на затвердженому пункті державного моніторингу якості води р. Гапа (за 2 км від гирла річки, нижче оз. Ягодинське). За вихідні дані (див. табл. 1) прийнято результати системних гідроекологічних спостережень за якістю води

1. Оцінка якості води за коефіцієнтом забрудненості

Значення КЗ	<1,0	1,01–2,50	2,51–5,00	5,01–10,00	> 10,0
Рівень забрудненості вод	Незабруднені (чисті)	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні
Клас якості	I	II	III	IV	V

у річці, виконаних службами аналітичного контролю та моніторингу Мінекоресурсів, Держводагентства та Міністерства охорони здоров'я України, а також матеріали рекогносцирувальних досліджень УНДІВЕП [9–11].

Результати досліджень. Річка Гапа бере початок на околиці с. Машів і впадає до р. Західний Буг на захід від с. Бережці. Вона є правою притокою р. Західний Буг та протікає в межах Любомльського р-ну Волинської обл. Річка Гапа також впадає в оз. Ягодинське та витікає з нього. На ділянці до впадіння в озеро її частіше називають Гапа, а на ділянці від Ягодинського озера до впадіння у р. Західний Буг — Ягодинкою [2, 3, 12]. Довжина р. Гапа становить близько 14 км, площа басейну — 140 км². Долина у верхів'ї широка й неглибока, нижче — звужується й поглиблюється. Заплава місцями заболочена. Русло слабозвивисте, місцями каналізоване й випрямлене. Основними притоками є річки Піщатка та Видранка [3].

Оцінка якісного та кількісного станів природних вод передбачає визначення низки

основних гідрохімічних показників [13, 14] (табл. 2).

На екологічний стан поверхневих вод басейну р. Гапа впливають різноманітні чинники, які водночас тісно взаємопов'язані. У її басейні можна виокремити такі чинники, що спричиняють забруднення поверхневих вод: скиди стічних вод у поверхневі води без належного очищення; самовільний скид стічних вод; недотримання режиму у прибережних смугах і водоохоронних зонах; розмивання берегів та ін. Отже, найбільший вплив на функціонування річкової екосистеми здійснює антропогенний чинник, порушуючи при цьому природний стан водотоку, привносячи невластиві компоненти, що спричиняють зміни у складі та властивостях води у р. Гапа, тобто безпосередньо погіршують її якість.

Результати розрахунку КЗ для р. Гапа наведено у табл. 3.

Під час узагальнення багаторічних даних моніторингових спостережень щодо вмісту гідрохімічних показників води в річці встановлено, що відхилення від норми простежуються за такими показниками:

2. Гідрохімічні показники води р. Гапа, нижче оз. Ягодинське, мг/л

Нормовані показники	Рік				
	2014	2015	2016	2017	2018
Сухий залишок	324,0	421,8	411,2	316,5	386,4
ХСК	5,83	5,9	5,96	8,26	42,28
БСК ₅	3,98	3,3	3,12	4,45	4,66
Розчинений кисень	8,4	6,5	7,67	7,0	7,51
Амоній сольовий	0,69	0,64	0,884	0,885	1,97
Нітрити	0,131	0,05	0,093	0,075	0,083
Нітрати	3,93	4,95	6,08	5,248	6,86
Фосфор загальний	0,285	0,096	0,16	0,08	0,11
Марганець	0,056	0,07	0,028	0,033	0,07
Залізо загальне	0,932	0,3	0,798	0,678	0,57

3. Розрахунок коефіцієнта забрудненості вод для р. Гапа, за 2 км нижче оз. Ягодинське

Нормовані показники	Рік									
	2014		2015		2016		2017		2018	
	КЗ	Клас якості	КЗ	Клас якості	КЗ	Клас якості	КЗ	Клас якості	КЗ	Клас якості
Сухий залишок	1,0	I	1,0	I	1,0	I	1,0	I	1,00	I
ХСК	1,0	I	1,0	I	1,0	I	1,0	I	2,82	III
БСК ₅	1,77	II	1,46	II	1,04	II	1,48	II	1,55	II
Розчинений кисень	1,0	I	1,0	I	1,0	I	1,0	I	1,0	I
Амоній сольовий	1,77	II	1,64	II	1,77	II	1,77	II	3,94	III
Нітрити	1,63	II	1,0	I	1,16	II	1,0	I	1,04	II
Нітрати	1,0	I	1,0	I	1,0	I	1,0	I	1,00	I
Фосфор загальний	1,67	II	1,0	I	1,0	I	1,0	I	1,00	I
Марганець	5,60	IV	7,0	IV	2,8	III	3,3	III	7,00	IV
Залізо загальне	9,32	IV	3,0	III	7,98	IV	6,78	IV	5,70	IV
КЗ	2,58	III	1,91	II	1,98	II	1,93	II	2,61	III
Характеристика коефіцієнта забрудненості вод	Помірно забруднені		Слабко забруднені		Слабко забруднені		Слабко забруднені		Помірно забруднені	

- *хімічне споживання кисню (ХСК)*. Це кількість кисню (мг/дм³) (або іншого окисника у розрахунку на кисень), яка потрібна для повного окиснення органічних речовин, що містяться в пробі води. Чим більше кисню потрібно для повного окиснення органічних речовин у воді, тим більше там цих самих речовин. Протягом досліджуваного періоду ХСК було в межах норм ГДК, окрім 2018 р., коли максимальне його значення становило 42,28 мг/л (1,4 ГДК), мінімальне — 5,83 мг/л у 2015 р.;

- *біохімічне споживання кисню (БСК₅)*. Упродовж усього періоду спостережень виявлено перевищення норм ГДК за цим показником. Максимальне значення БСК₅ становило 4,66 мг/л (1,48 ГДК) у 2018 р.; мінімальне — 3,12 мг/л (1,04 ГДК) у 2016 р.;

- *амоній сольовий*. Джерелами надходження амонію сольового у поверхневі води є скиди стічних вод тваринницьких ферм, скиди побутових стічних вод, стічних вод харчової, лісохімічної та хімічної промисловостей, поверхневий стік з сільськогосподарських угідь, в яких містяться амонійні добрива. Наявність амонію сольового

пов'язана з процесами біохімічної деградації білків, дезамінування амінокислот, розкладу сечовини під дією уреаз. Токсичність амонію збільшується з підвищенням рН. Виявлено перевищення ГДК за вмістом цього показника, що свідчить про забруднення господарсько-побутовими й сільськогосподарськими стоками. Максимальну середньорічну концентрацію амонію сольового у водах р. Гапа зафіксовано 2018 р. — 1,97 мг/л (3,94 ГДК); мінімальну — 0,64 мг/л (1,64 ГДК) у 2015 р.;

- *нітрити*. Нітрати надходять у поверхневі води при застосуванні нітритів як інгібіторів корозії у водопідготовці технологічної води, зі скидами стічних вод харчової промисловості, стоком із сільськогосподарських угідь. У поверхневих водах нітрити знаходяться у розчинній формі. Підвищення концентрацій нітритів свідчить про посилення процесів розкладання органічних речовин в умовах повільнішого окиснення. Сезонні коливання концентрації нітритів характеризуються їхньою відсутністю взимку та появою навесні під час розкладання неживої органічної речовини. Найбільша концентрація нітритів

спостерігається наприкінці літа, що пов'язано з активністю фітопланктону (діатомові та зелені водорості відновлюють нітрати до нітритів). Восени вміст нітритів зменшується. Спостереженнями виявлено незначні перевищення ГДК за вмістом нітритів у 2014, 2016 та 2018 рр. Мінімальна концентрація нітритів не перевищувала ГДК і становила 0,05 мг/л у 2015 р. та 0,075 мг/л — у 2017;

- *фосфор загальний*. Найбільша середньорічна концентрація фосфору у воді р. Гапа становила 0,285 мг/л (1,68 ГДК) у 2014 р. Починаючи з 2015 р., виявлено тенденцію до поліпшення якості вод у річці за цим показником. Мінімальна концентрація фосфору загального становила 0,08 мг/л у 2017 р.;

- *марганець*. У поверхневій воді марганець потрапляє в результаті вилуговування різних мінералів, що містять марганець. Значні кількості марганцю надходять у процесі розкладання водних тварин і рослинних організмів, особливо синьо-зелених, діатомових водоростей і вищих водних рослин. Сполуки марганцю потрапляють у водойми зі стічними водами фабрик, заводів, підприємств хімічної промисловості та з шахтними водами. Зниження концентрації іонів марганцю в природних водах відбувається в результаті окиснення Mn (II) до MnO₂ та інших високовалентних оксидів, що випадають в осад. Основні параметри,

що визначають реакцію окиснення, — концентрація розчиненого кисню, величина рН і температура. Концентрація розчинених сполук марганцю знижується внаслідок утилізації їх водоростями. Упродовж усього періоду спостережень виявлено перевищення норм ГДК за цим показником. Максимальне його значення становило 0,07 мг/л (7 ГДК) у 2015 та 2018 рр.; мінімальне — 0,028 мг/л (2,8 ГДК) у 2016 р.;

- *залізо загальне*. Сполуки заліза потрапляють у поверхневій воді з підземним стоком, зі стічними водами галузей промисловості та сільського господарства, зливовими водами, поверхневим стоком, стічними водами з сільськогосподарських угідь. Концентрація заліза загального у воді залежить від гідрологічних умов басейну річки, процесів хімічного вивітрювання гірських порід. Залізо надає воді буроватого забарвлення. Упродовж усього періоду досліджень вміст заліза в річці перевищував ГДК. Максимальна концентрація заліза у водах р. Гапа становила 0,932 мг/л (9,32 ГДК) у 2014 р.; мінімальна — 0,3 мг/л (3,0 ГДК) у 2015 р.

Отже, загалом стан води в р. Гапа за рівнем забрудненості відповідає II класу якості, що характеризує поверхневій воді як «слабко забруднені», крім 2015 і 2018 рр., коли води характеризувались як «помірно забруднені» (III клас якості).

Висновки

Проведена оцінка стану поверхневих вод р. Гапа на основі визначення коефіцієнта забрудненості свідчить, що останніми роками їхня якість не погіршилася. Однак установлено, що якість поверхневих вод не відповідає нормам. Загалом, поверхневій воді р. Гапа відповідають II класу якості та характеризуються як «слабко

забруднені» води за рівнем забрудненості. Визначення якості води р. Гапа має велике значення для оцінки екологічного стану басейну р. Західний Буг, основних напрямів водоохоронної діяльності для оздоровлення екологічного стану кожного водного об'єкта та встановлення екологічних нормативів якості води.

Yatsyk A.¹, Yatsyk I.², Hophak I.³, Basiuk T.⁴

^{1, 2}Ukrainian research institute of water management and ecological problems, 4-B Inzhenernyi provulok (Engineering lane), Kyiv, 01010, Ukraine,

³National university of water and environmental engineering, 11 Soborna Str., Rivne, 33028, Ukraine,

⁴International university of economics and humanities, 4 Academician Stepan Demianchuk Str., Rivne,

33000, Ukraine; e-mail: ^{1, 2}undiwep@gmail.com, ³gopchak_igor@ukr.net, ⁴tanya_basyuk@ukr.net; ORCID: ³0000-0003-4774-5504, ⁴0000-0003-2861-0460

Assessment of the ecological status of the surface waters of small rivers of the Western Bug (Zakhidnyi Buh) river basin on the degree of pollution (on an example of the Gapa river)

Goal. To assess the condition of surface waters of the Gapa river by the level of pollution. **Methods.** Overall assessment of the level of pollution of the waters of the river was carried out using the method of calculating the rate of pollution. The value of the coefficient of pollution describes the concentrations exceeding the standards in fractions of maximum permissible concentration. Using the obtained numerical values of the coefficient of pollution it is possible to assess the state of water pollution. It is established that throughout the period of research, deviations from the norms of maximum permissible concentrations are traced in the following indicators: biological oxygen demand (BOD₅), the content of ammonium, nitrite, phosphorus, manganese, total iron. The study is based on the average values of hydrochemical parameters for the period of 2014–2018 on the approved point of state monitoring over the quality of water of the Gapa river (2 km upstream from the mouth of the river, below the lake Yahodynske). **Results.** On the basis of generalization, systematization, and analysis

of the results of routine observations of service monitoring over surface water quality assessment is made of surface water of the Gapa river by the level of pollution. It is determined that the greatest impact on the functioning of the river ecosystem provides the human factor, disrupting the natural state of the watercourse, bringing unusual elements that directly degrade its quality. **Conclusions.** It is established that the condition of the water in the Gapa river for the level of pollution now corresponds to class III of quality that characterizes the surface water as «moderately polluted». Determination of the level of water pollution of the Gapa river is of great importance for the assessment of the environmental health situation in the basin of the Western bug river, the main directions of water protection, improvement of the ecological status of each water body and the establishment of environmental standards of water quality.

Key words: environmental monitoring, water resources, hydro-chemical indicators, ecosystem.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-11>

Бібліографія

1. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ: Ніка-Центр, 2001. 264 с.
2. Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Sherstyuk N.P. Hydrography and hydrochemistry of the transboundary river Western Bug on the territory of Ukraine. *J. of geology, geography and geoecology*. 2018. V. 27(2). P. 232–243. doi: 10.15421/111848
3. Яцик А.В., Голчак І.В., Басюк Т.О. Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Гапа. *Меліорація і водне господарство*. Київ, 2017. Вип. 105. С. 35–38.
4. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ, 1998. 28 с.
5. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Київ, 2001. 48 с.
6. Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В., Волкова Л.А. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем: (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління): навчальний посібник. Рівне: ППФ «Волинські береги», 1999. Т. 2. 198 с.
7. Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P. et al. Processes determining surface water chemistry. Switzerland: Springer, 2016. 265 p.
8. Khilchevskiy V.K., Kurylo S.M., Sherstyuk N.P. Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine. *J. of geology, geography and geoecology*. 2018. V. 27. № 1. P. 68–80. doi: 10.15421/111832
9. Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод. КНД 211.1.1.106-2003. Київ, 2003. 70 с.
10. Встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод Волинської області. Заключний звіт УНДІВЕП. Київ, 2003. С. 151.
11. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2012. 168 с.
12. Gorchak I., Basiuk T., Bialyk I. et al. Dynamics of changes in surface water quality indicators of the Western Bug River basin within Ukraine using GIS technologies. *J. of Water and Land Development*. 2019. № 42 (VII–IX). P. 67–75. doi: 10.2478/jwld-2019-0046
13. Козицька Л.П., Музиченко О.С. Інтегральна оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Західний Буг в межах Вінницької області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. № 3–4. С. 78–83.
14. Інформаційний бюлетень про якісний стан поверхневих вод в басейні р. Західний Буг у 2018 році. Луцьк, 2019. 50 с.