

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО СТІЙКИХ ТА ПРИЙНЯТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ М. МИКОЛАЇВ

Магась Н.І.<sup>1</sup>, Жадан Н.М.<sup>2</sup>, Туз Р.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова пр. Героїв України, 9, 54025, м. Миколаїв

<sup>2</sup>Регіональний офіс водних ресурсів у Миколаївській області вул. Потьомкінська, 14, 54001, м. Миколаїв  
nataly.magas@gmail.com, mk\_vodres@davr.gov.ua

Миколаївська область належить до регіонів з обмеженими запасами прісної води. Частково проблему з кількістю прісної води для обласного центру було вирішено за рахунок водопостачання з річки Дніпро. Враховуючи руйнування водогону Дніпро – Миколаїв внаслідок воєнних дій, склалася катастрофічна ситуація, що потребує пошуку альтернативних рішень та джерел водопостачання, які не тільки відповідають вимогам якості питної води, а й повністю безперервно покривають потреби міста. Встановлено, що експлуатаційні запаси прісних підземних вод в області недостатні для використання їх як основного джерела водопостачання. А вода, що постачалася з перебоями з альтернативних джерел, згодом мала надмірні концентрації хлоридів, сульфатів та інших мінеральних солей навіть після очищення. У роботі представлено результати аналізу та екологічної оцінки придатності водних об'єктів Миколаївської області для забезпечення населення м. Миколаєва питною водою. Оцінку рівня екологічної безпеки та якості води було проведено за гігієнічними та екологічними критеріями. У більшості випадків якість поверхневих вод відповідала другому класу і оцінювалася як «добра», прийнятної якості. Змінювались лише підкласи якості. За окремими показниками спостерігалось погіршення якості води до третього класу – «задовільна», прийнятної якості. Зафіксовані значні перевищення нормативів забруднюючих речовин у воді бажаної якості, зокрема сульфатів, хлоридів, фосфатів, нітритного й нітратного азоту, БСК<sub>2</sub> та ХСК, заліза загального. Найгірша ситуація спостерігалась у водних об'єктах біля м. Миколаїв та р. Інгулець, де якість води погіршувалась за загально-санітарними хімічними показниками до 4 класу, тобто небажаної якості. За обсягом води, річка Південний Буг може задовольнити потреби у водопостачанні міста Миколаїв. Для питного водопостачання необхідно доочищення води до нормативних показників. Найближчою точкою водозабору слід розглядати ділянку вище 50 км від гирла річки, де якість води характеризується як «добра», чиста вода з ухилом до класу «відмінної», дуже чистої. Наявної кількості води в річці Інгул недостатньо для забезпечення потреб у воді міста Миколаєва, при цьому її якість перевищує норми за різними показниками, що вимагає або реконструкції існуючої системи водопідготовки з введенням споруд для знесолення, або будівництва нової водоочисної станції. За основними показниками якості води, річка Інгулець придатна лише як додаткове джерело водопостачання за умови очищення шахтних стічних вод, що скидаються у неї. Вода в гирлі Південного Бугу та Бузькому лимані за основними гідрохімічними показниками не відповідає вимогам до джерела водопостачання; її використання можливе лише після проведення опріснювальних заходів.

Результати дослідження можуть бути використані при розробці науково обґрунтованих рекомендацій для визначення найбільш екологічно стійких та прийнятних рішень для забезпечення якісного водопостачання, розробці водоохоронних заходів та стратегії управління водними ресурсами у регіоні. *Ключові слова:* питне водопостачання, оцінка якості води, гідрологічні та гідрохімічні показники, гігієнічні та екологічні критерії, екологічна безпека, водогосподарче значення.

### Identification of environmentally sustainable and acceptable solutions to ensure quality water supply in Mykolaiv. Magas N., Zhadan N., Tuz R.

Mykolaiv region is one of the regions with limited fresh water resources. The problem with the amount of fresh water for the regional centre was partially solved by water supply from the Dnipro River. Given the destruction of the Dnipro-Mykolaiv water pipeline as a result of military operations, a catastrophic situation has arisen. This requires the search for alternative solutions and water supply sources that not only meet the requirements for drinking water quality but also fully meet the city's needs. It has been established that the operational reserves of fresh groundwater in the region are insufficient to be used as the main source of water supply. And the water supplied intermittently from alternative sources subsequently had excessive concentrations of chlorides, sulphates and other mineral salts even after treatment. This paper presents the results of the analysis and environmental assessment of the suitability of water bodies in Mykolaiv Oblast for providing drinking water to the population of Mykolaiv. The assessment of the level of environmental safety and water quality was carried out according to hygienic and ecological criteria. In most cases, the quality of surface water corresponded to the second class and was assessed as "good", of acceptable quality. Only the quality subclasses changed. Some indicators showed a deterioration in water quality to the third class of "satisfactory", acceptable quality. There were significant exceedances of the recommended concentrations of pollutants in water of the desired quality, including sulphates, chlorides, phosphates, nitrite and nitrate nitrogen, BOD5 and COD, and total iron. The worst situation was observed in water bodies near Mykolaiv and the Ingulets River, where water quality deteriorated to Class 4, that is, of undesirable quality, according to general sanitary chemical indicators. In terms of water volume, the Southern Bug River can meet the water supply needs of the city of Mykolaiv. For drinking water supply, it needs to be treated to meet regulatory standards. The closest point of water intake should be considered a section 50 km from the river mouth, where the water quality is characterised as "good", clean water with a slope towards "excellent", very clean water. The available quantity of water in the Ingul River is insufficient to meet the water needs of the city of Mykolaiv, while its quality exceeds

the standards by various indicators. This requires either reconstruction of the existing water treatment system with the introduction of desalination facilities or construction of a new water treatment plant. According to the main water quality indicators, the Ingulets River is only suitable as an additional source of water supply if the mine wastewater discharged into it is treated. The water in the mouth of the Southern Bug and the Bug estuary does not meet the requirements for a water supply source in terms of key hydrochemical parameters; its use is possible only after desalination.

The results of the study can be used in the development of scientifically based recommendations to determine the most environmentally sustainable and acceptable solutions for ensuring quality water supply. Development of water protection measures and water management strategies in the region. *Key words:* drinking water supply, water quality assessment, hydrological and hydrochemical indicators, hygienic and environmental criteria, environmental safety, water management significance.

**Постановка проблеми.** Забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання стало однією з ключових стратегічних цілей України, відображених у законодавстві про національну безпеку [1]. Проте, не дивлячись на цей пріоритет, наша країна має обмежені ресурси питної води через серйозне забруднення як поверхневих, так і підземних джерел водопостачання. Ця проблема набуває особливого значення у містах південних регіонів, де велика частина населення для задоволення своїх побутових та економічних потреб залежить як від підземних, так і поверхневих джерел води [2]. Поверхневі водні ресурси, які використовуються для централізованого водопостачання, піддаються значному антропогенному впливу, що суттєво змінює природний стан цих водних об'єктів. Суттєві зміни гідрохімічного складу води ускладнюють можливість використання певних водних об'єктів для задоволення потреб населення регіону [2, 3].

**Актуальність дослідження.** Аналізуючи структуру системи водопостачання України, стає очевидним, що основну частину складають поверхневі води, це близько 80%. Однак, Україна входить до числа країн з обмеженими запасами прісної води, особливо гостро проблема нестачі водних ресурсів відчувається у південному регіоні країни, зокрема у Миколаївській області [4, 5, 6].

Миколаїв, зі своїм населенням приблизно 470 000 осіб, є дев'ятим за розміром містом в Україні. До лютого 2022 року водопостачання м. Миколаєва здійснювалося з єдиного основного джерела – річки Дніпро – водозабором, розташованим у Херсонській області, та водогоном протяжністю близько 73 км до водоочисних споруд (ВОС) біля міста Миколаїв. У зв'язку з тим, що район водозабору опинився під окупацією внаслідок російського вторгнення в Україну, а водозабірна насосна станція та водогін були частково пошкоджені в ході бойових дій, місто зіткнулося з нагальною потребою забезпечити водопостачання населення, яке залишилось після евакуації, та підприємств міста. Надзвичайні потреби у водопостачанні були вирішені у 2022 році шляхом використання солонуватої води з Бузького лиману, а з 2023 року з річки Інгулець, у поєднанні з мобільними опріснювальними установками та перекачуванням солонуватої води в розподільчу систему лише для технічних потреб. Для забезпечення питною водою було задіяно всі наявні підземні джерела (артсвердловини) суб'єктів господарювання

та виконано встановлення колективних установок доочищення питної води. Додатково споживачі міста забезпечувалися привізною питною водою з резервуарів-накопичувачів та артезіанських свердловин, а також за рахунок фасованої питної води, в тому числі через торгівельну мережу. Однак, такі заходи не вирішували проблему питного водопостачання в довгостроковій перспективі. Тому пошук альтернативного джерела води для безпечного та безперебійного водопостачання мешканців Миколаєва є надзвичайно актуальним завданням.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Робота тісно пов'язана з вирішенням завдань, що наведені у Водній стратегії України на період до 2050 року [2], у Законі України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» [7], Обласній програмі «Питна вода Миколаївщини» на 2021–2025 роки [4], науково-дослідній роботі «Розробка заходів та засобів раціонального водокористування, зниження антропогенного навантаження на водні екосистеми півдня України» (державний реєстраційний № 0124U001593).

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Основою для встановлення рівня екологічної безпеки та оцінки можливості використання водних об'єктів для питних чи інших потреб населення є проведення постійного моніторингу за змінами господарської діяльності в басейнах річок, показниками стану та якості поверхневих вод. Детальні дослідження природно-екологічного потенціалу водних ресурсів басейну річки Південний Буг проводились фахівцями Інституту гідробіології НАН України у 2010–2011 роках [8]. Науковці дослідили гідрохімічний режим руслової частини річки, оцінили її екологічний стан, встановили фонові показники загального азоту та фосфору для верхньої, середньої та нижньої течії. Характеристику антропогенного навантаження на водні ресурси басейну Південного Бугу в межах Миколаївської області нами було виконано у 2013 році [9] та представлено результати оцінки якості води в річках басейну за відповідними категоріями. Аналіз сучасної структури та тенденцій зміни використання води на території Миколаївської області наведено у роботі [10]. У 2015 році спеціалісти Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. В. Думанського НАН України провели оцінку якості води на питних водозаборах Вінницької

області [11]. Результати дослідження якості поверхневих вод за індексами забруднення та інтегральної оцінки якості води у річках басейну Південного Бугу в межах Вінницької та Хмельницької областей представлено у роботах [12, 13], в межах Миколаївської області – у роботах [14, 15]. Після руйнування водогону Дніпро – Миколаїв внаслідок воєнних дій, у м. Миколаїв склалася катастрофічна ситуація, яка потребує вибору та розгляду альтернативних рішень питного водопостачання.

Метою даного дослідження є комплексний аналіз та екологічна оцінка придатності потенційних джерел водопостачання на території Миколаївської області в умовах обмеженості традиційних ресурсів через наслідки воєнного конфлікту та забруднення водойм, і визначення найбільш екологічно стійких та прийнятних рішень для забезпечення якісного водопостачання.

Для досягнення поставленої мети у роботі було розглянуто та проаналізовано наступні питання: аналіз стану системи водопостачання міста Миколаєва до та після руйнування основного водозабору, включаючи інформацію про рівень доступності води, якість води, стан водопровідних мереж та інфраструктури; оцінка проблем, пов'язаних з поточним джерелом води; визначення альтернативних джерел питного водопостачання, включаючи інші річки, підземні води та інші водні ресурси; оцінка рівня доступності та екологічної придатності кожного потенційного джерела води для водопостачання міста, а також можливих ризиків для безпеки водопостачання.

Отримані результати стануть основою для розробки рекомендацій щодо вибору оптимального джерела води та впровадження необхідних заходів для забезпечення надійного водопостачання мешканців Миколаєва в умовах кризи.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Для оцінки рівня безпеки та встановлення можливості використання поверхневих вод на території Миколаївської області для питного водозабезпечення, значення показників якості річкової води у контрольних точках порівнювали із нормативами, зазначеними у «Гігієнічних нормативах якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення», що затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 № 721 [16]. Цим документом передбачено, що склад та властивості води водних об'єктів за жодним з показників не повинні перевищувати встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовно допустимі рівні (ОДР) речовин у воді водних об'єктів [16]. Показники якості очищеної води порівнювались з чинними в Україні вимогами до питної води, згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [17].

Оцінку якості поверхневих вод, як джерел питного водопостачання проводили відповідно до Національного стандарту України ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання». За значеннями інтегральних блокових та узагальненого індексів, якість води можна оцінити за чотирма класами від «відмінної» бажаної якості до «посередньої, обмежено придатної» небажаної якості [18]. У роботі оцінку якості води здійснено за середніми та найгіршими значеннями органолептичних, загально-санітарних та токсикологічних хімічних показників.

Розробку картографічного матеріалу за результатами оцінювання якості поверхневих вод виконано з використанням геоінформаційної системи ArcGis.

**Викладення основного матеріалу.** Місто Миколаїв є адміністративним центром Миколаївської області з щільністю населення приблизно 1959 осіб/км<sup>2</sup> [19]. Послуги з централізованого питного водопостачання, водовідведення, а також гарячого водопостачання міста та трьох прилеглих сіл забезпечує Миколаївводоканал. Існуюча система водопостачання розрахована на забезпечення безперервного водопостачання (24/7) всіх районів міста та трьох сільських населених пунктів. За даними статистичної звітності водоканалу [20], доступ до питної води отримує приблизно 82,8% від загальної кількості мешканців. Решта населення використовують місцеві джерела води та пункти локального водопостачання. Окрім населення, близько 21% загального споживання води припадає на промислових споживачів та суб'єктів господарювання. Близько 4% від загального обсягу поданої води споживають бюджетні організації.

До початку бойових дій для водопостачання міста використовували дніпровську воду, яку забирали в Херсонській області. Потужність водозабору складала 280 тис. м<sup>3</sup>/добу, що повністю покривало всі потреби водопостачання міста. Якість очищеної дніпровської води відповідала чинним в Україні вимогам до питної води (ДСанПіН 2.2.4-171-10) (таблиця 1).

Внаслідок пошкоджень, під час бойових дій, існуючого Дніпровського водогону, а потім і насосної станції, водопостачання міста довелося перевести на місцеві джерела. Було використано воду з водозабору місцевого глиноземного заводу, яка відповідає вимогам якості. Однак, запасів питної води було достатньо для забезпечення лише обмеженої кількості мешканців міста. Воду питної якості, очищену на установках зворотного осмосу, можна було отримати у розподільних пунктах, лікарнях, адміністративних будівлях.

Як аварійних захід, для забезпечення населення водою, в магістральну розподільчу мережу у 2022 році подавалась вода з Бузького лиману. Вода з лиману, яка після очищення надходила у централі-

Показники якості води, поданої у розподільчі водопровідні мережі м. Миколаїв  
у період з 2021 по 2023 роки

№	Показники	Одиниці вимірювання	Нормативи якості для питної води ДСанПіН 2.2.4-171-10 [17]	Показники якості очищеної води з Дніпровського водозабору, 2021 рік	Показники якості тимчасово поданої води, 2022 рік (сер зн. / макс.зн.)	Показники якості очищеної (технічної) води зі Інгулецької зрошувальної системи, 2023 рік
1	2	3	4	5	6	7
<b>Органолептичні показники</b>						
1	Запах при t=20°C	бали	≤ 2,0	0-1	1 / 1	1
2	Запах при t=60°C	бали	≤ 2,0	0-1	1 / 1	2
3	Смак і післясмак	бали	≤ 2,0	0	0	-
4	Колір	градуси	≤ 20 (35)	9	11 / 13	47,0
5	Каламутність	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,58 (2.0)	0,28	1,11 / 1,81	6,63
<b>Фізико-хімічні параметри</b>						
6	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1000(1500)	324,0	9267 / 11078	1294
7	Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 250 (500)	76,0	581 / 712	240
8	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 250 (350)	43,0	4147 / 5533	726
9	Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,2 (1,0)	0,14	0,21 / 0,39	0,69
10	Марганець	мг/дм <sup>3</sup>	0,05 (0,5)	0,01	0	0,06
11	Загальна жорсткість	ммоль/дм <sup>3</sup>	≤ 7,0	3,7	32,4 / 42,8	13,0
12	Загальна лужність	ммоль/дм <sup>3</sup>	0,5-6,5	2,7	4,0 / 4,3	5,0
13	Концентрація водневих іонів	одиниці рН	6,5-8,5	7,8	7,7 / 8,1	8,56
14	Мідь	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,0	0,05	0,06 / 0,1	0,26
15	Залишковий вільний хлор	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5	0,44	0,59 / 0,7	10,0
16	Залишковий хлор зв'язаний	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,2	0,9	0,56 / 0,75	0,9
17	Поліфосфати	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 3,5	0,34	0,25 / 0,43	0,78
18	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,0	0,034	0,05 / 0,09	0,044
19	Нафтопродукти	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,1	0	0,01 / 0,01	0,12
20	Поверхнево-активні речовини	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5	< 0,1	-	< 0,1
21	Летючі феноли	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,001	< 0,001	0	< 0,005
<b>Санітарні та токсикологічні показники</b>						
22	Алюміній	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,2 (0,5)	< 0,02	0,03 / 0,1	< 0,02
23	Амоній	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5	0,06	0,14 / 0,2	0,31
24	Кадмій	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,001	≤ 0,0002	0	≤ 0,0002
25	Силіцій	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 10,0	3,6	1,86 / 2,67	1,6
26	Окислюваність	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,01	< 0,005	0	< 0,005
27	Молібден	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,07	< 0,0025	0 / 0,055	< 0,0025
28	Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 50	0,74	100 / 174	21,6
29	Нітроти	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5	0,0045	0,033 /	0,024
30	Ртуть	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,0005	≤ 0,0005	0,12	≤ 0,0005
31	Свинець	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,01	< 0,0005	0	< 0,0005
32	Фториди	мг/дм <sup>3</sup>	0,7-1,5	0,19	0	0,28

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
33	Хлороформ	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,06	0,043	0,44 / 0,58	0,043
34	Окислення перманганатне	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 5,0	7,0	0	11,6
35	Кобальт	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,1	< 0,0025	5,4 / 5,6	< 0,01
36	Нікель	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,02	< 0,005	0,002 / 0,01	< 0,007
37	Хром загальний	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,05	< 0,02	0	< 0,031
38	Тригалометани – всього	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,1	-	-	-
<b>Гідробиологічні показники</b>						
39	Фітопланктон	кг/дм <sup>3</sup>	-	3583	178,5 / 1050	14000
<b>Мікробіологічні показники</b>						
40	Кількість колоній 37 °С	кількість/мл	≤ 100,0	0-1,0	8 / 18	63 200,0
41	Колиформні бактерії	кількість/100 мл	Відсутність	Відсутність	-	15 000,0
42	Е -солі	кількість/100 мл	Відсутність	Відсутність	0	Відсутність
43	Ентерококи	кількість/100 мл	Відсутність	Відсутність	-	Відсутність
<b>Паразитологічні показники</b>						
44	Патогенні кишкові найпростіші	клітин / 50 дм <sup>3</sup>	Відсутність	Відсутність	-	Відсутність
45	Кишкові гельмінти	клітин / 50 дм <sup>3</sup>	Відсутність	Відсутність	-	Відсутність
<b>Радіологічні показники</b>						
46	Загальна альфа – активність	Бк/дм <sup>3</sup>	≤ 0,1	0,007	0,069 / 0,069	Відсутність
47	Сумарна бета – активність	Бк/дм <sup>3</sup>	≤ 1,0	0,16	0,486 / 0,821	Відсутність

зовану розподільну мережу, характеризувалась підвищеним вмістом мінеральних речовин і не відповідає встановленим нормам за показниками загальної кількості розчинених речовин (сухий залишок), хлоридів, сульфатів та жорсткості. Особливо погіршення води спостерігалось в жаркі місяці року (таблиця 1).

В якості альтернативного тимчасового джерела водопостачання у 2023 році також було використано воду зі Інгулецької зрошувальної системи. Однак, щорічно в річку Інгулець здійснюється скид високомінералізованих шахтних вод гірничорудних підприємств Кривбасу. Тому, її якість значно гірша, а існуюча застаріла технологія водопідготовки на водоочисних спорудах не дозволяє очистити її до нормативних питних показників. Як наслідок, вода, що подається до розподільчих мереж, є технічної якості (таблиця 1).

Подача води з високим вмістом мінеральних речовин з перерахованих джерел та гідравлічні ефекти переривчастого водопостачання значно погіршили технічний стан існуючих розподільчих мереж.

Частина потреб міста у воді забезпечувалась також за рахунок підземних вод басейну

Південного Бугу. Враховуючи те, що територія м. Миколаєва та його муніципального району (прилеглих населених пунктів) характеризується складними гідрогеологічними умовами формування підземних вод, такий варіант питного водозабезпечення населення міста є неможливим. Встановлені експлуатаційні запаси прісних підземних вод в області недостатні для покриття дефіциту поверхневих прісних вод [21]. Крім того, підземні води дуже поганої якості (мінеральний вміст 1,7–4,5 і більше г/дм<sup>3</sup>), а масове та неконтрольоване буріння свердловин безпосередньо в місті призвело до додаткового забруднення та погіршення якості води місцевих джерел, що ускладнює очищення цієї води на місцях.

Така ситуація свідчить про відсутність близько розташованого надійного джерела питного водопостачання у м. Миколаїв.

В якості потенційного альтернативного джерел водопостачання було досліджено басейн найбільшої річки Миколаївської області Південний Буг. Рівень води в річці характеризується вираженим весняним припливом і низькою літньою меженню. У нижній

течії річки спостерігаються припливно-відпливні явища, що доходять до селища Нова Одеса. Басейн річки Південний Буг характеризується хронічним дефіцитом водних ресурсів, оскільки водозабезпеченість на одного мешканця регіону в останні роки (2017–2022 рр.) становить лише 880 м<sup>3</sup>/рік. Загальні ресурси поверхневого стоку становлять 2,81 км<sup>3</sup>. Аналіз рівня води у річці Південний Буг за останні 12 років свідчить про значне зменшення її природного стоку [22].

З 2007 року почастишали маловодні та дуже маловодні роки. Фактична водність річки Південний Буг та її приток у 2007–2020 рр. була на 35–65% меншою за середню багаторічну (норма на гідрологічному посту Олександрівка 2800 млн м<sup>3</sup>/рік), а тривалість маловодного періоду з витратами, меншими за санітарно-екологічні (17 м<sup>3</sup>/с), протягом усього цього періоду зростала.

Сучасна водогосподарська ситуація в басейні р. Південний Буг свідчить про зменшення обсягів водозабору більше ніж у 4 рази. Найбільше водоспоживання здійснюється для задоволення виробничих, питних та санітарно-гігієнічних потреб [6, 10].

Водночас аналіз кількісних показників стоку р. Південний Буг за останні п'ять років засвідчив, що мінімально можливий стік води у маловодний період (рис. 1) покриває як поточні потреби міста Миколаїв (160 тис.м<sup>3</sup>/добу), так і з урахуванням перспективи його розвитку (230 тис.м<sup>3</sup>/добу).

Оцінку якості води виконано за даними спостереження лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Регіонального офісу водних ресурсів у Миколаївській області у 15 пунктах спостереження, що розміщені на 6 водних об'єктах.

За результатами оцінки якості води р. Південний Буг у вибраних контрольних точках за органолептичними показниками встановлено, що вода була перехідна за якістю від «відмінної», дуже чистої до «доброї», чистої у всіх створах. За середніми річними значеннями така якість води спостерігалась у 98,45% відсотків випадків. Повторюваність якості води з характеристикою «відмінна», дуже чиста вода складала 1,55%. Погіршення якості води до 2-го класу спостерігалось за показниками кольоровості та мутності. За найгіршими значеннями показників у 100% випадків вода належала до 2-го класу якості.

За середніми значеннями загально-санітарних хімічних показників у воді р. Південний Буг перевищення рекомендованих у [16] гігієнічних нормативів якості води спостерігається лише за БСК<sub>5</sub> (1,5–3,0 раза) та ХСК (1,4–2,0 раза). Однак, у всіх точках контролю вода була 2 класу та не відповідала показникам бажаної якості. Крім того, спостерігається чітка тенденція погіршення загально-санітарних показників за течією річки. Якість води змінювалась від «доброї», чистої прийнятної якості у верхніх точках спостереження до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості у контрольних точках нижче 153 км (с. Олексіївка, питний в/з м. Южноукраїнськ). Найвищі показники забруднення спостерігались на ділянці 97 км (м. Вознесенськ, пит. в/з м.Вознесенськ) і нижче за течією річки, де якість води погіршувалась до 3 класу, тобто прийнятної якості. Найбільший негативний вплив на якість води вносили значні концентрації БСК<sub>5</sub>, фосфору фосфатів, нітритного й нітратного азоту, сульфатів, загальна жорсткість.

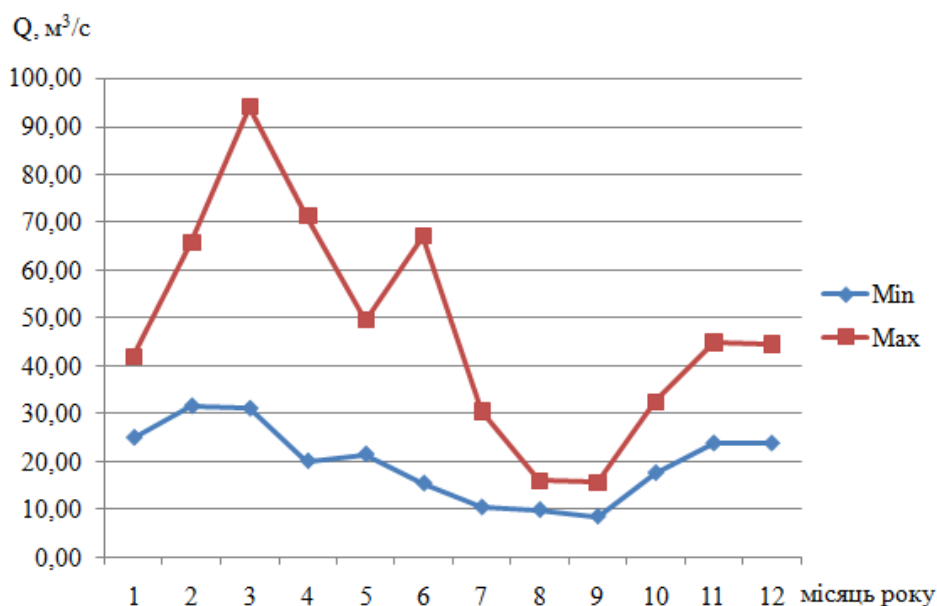


Рис. 1. Середні місячні витрати води р. Південний Буг за даними гідрологічного поста с. Олександрівка, м<sup>3</sup>/с

За результатами оцінки впливу токсикологічних хімічних показників на якість води найгірші значення спостерігались біля м. Первомайськ. Вода у р. Південний Буг на цій ділянці характеризувалась як «добра», чиста вода прийнятної якості. Нижче за течією, за весь період дослідження, вода належала до класу 2 і була «добра», чиста з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості (табл. 2). Однак, за останні роки у точках контролю якість погіршувалась до третього класу якості, а за найгіршими показниками оцінювалась як «задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості. До погіршення якості води призводили підвищені концентрації заліза загального, нікелю та марганцю.

Підсумкові результати оцінки за значеннями інтегральних індексів показали, що за середніми значеннями якість води у всіх контрольних точках оцінювалась другим класом. Змінювались лише підкласи якості (рис. 2, а).

Найбільш забрудненою вода була у водозаборі біля м.Первомайськ (206 км) та у нижній контрольній точці біля с. Ковалівка (50 км), де якість води характеризувалась як «добра», чиста вода прийнятної якості.

Аналіз отриманих даних показав перевищення нормативних значень, рекомендованих у [16], для показників ХСК та БСК<sub>5</sub>, що свідчить про наявність у річці органічних забруднюючих речовин. Такі показники забруднення можуть свідчити як про наявність у воді фітопланктону, так і бути наслідком скиду комунальних стічних вод, розташованих вище за течією від контрольних точок. Решта показників якості води відповідає встановленим вимогам.

Також додатково було оцінено якість води у притоках р. Південний Буг – р. Синюха, р. Мертвовод та р. Інгул.

Водний режим річки Синюха (ліва притока р. Південний Буг) характеризується високим весняним водопіллям та низькою меженню, яка порушується незначними підйомами води внаслідок проходження дощових паводків. Середня річна витрата на р. Синюха – с. Синюхін Брід (12 км від гирла) дорівнює 25,0 м<sup>3</sup>/с [23].

За результатами оцінки, вода у р. Синюха за середніми значеннями є перехідна за якістю від «відмінної», дуже чистої до «доброї», чистої (рис. 2, а). Погіршення якості води до 4 класу (максимальні значення) відбувалось за загальносанітарними хімічними показниками – ХСК, азот амонійний, нітритний та нітратний, загальна жорсткість, лужність. Однак, за значенням інтегрального показника вода відповідала 2 класу якості (рис. 2, б).

Водний режим лівої притоки Південного Бугу річки Мертвовод характеризується високим весняним водопіллям та низькими літньою і зимовою меженями. Живлення мішане з переважанням снігового. Середньорічна витрата води у річці за даними

з гідрологічного поста біля с. Крива Пустош (88 км від гирла річки) – 0,35 м<sup>3</sup>/с [23].

Вода у р. Мертвовод за середніми значеннями відповідала також 2 класу і характеризувалась як «добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості (рис. 2, а). За максимальними значеннями спостерігалось погіршення якості води до 3 класу (рис. 2, б). Такі коливання пояснюються гідрохімічними особливостями річки, та викликано підвищенням концентрації БСК<sub>5</sub>, ХСК, азоту нітритного, сульфатів, хлоридів, лужності, жорсткості, мінералізації.

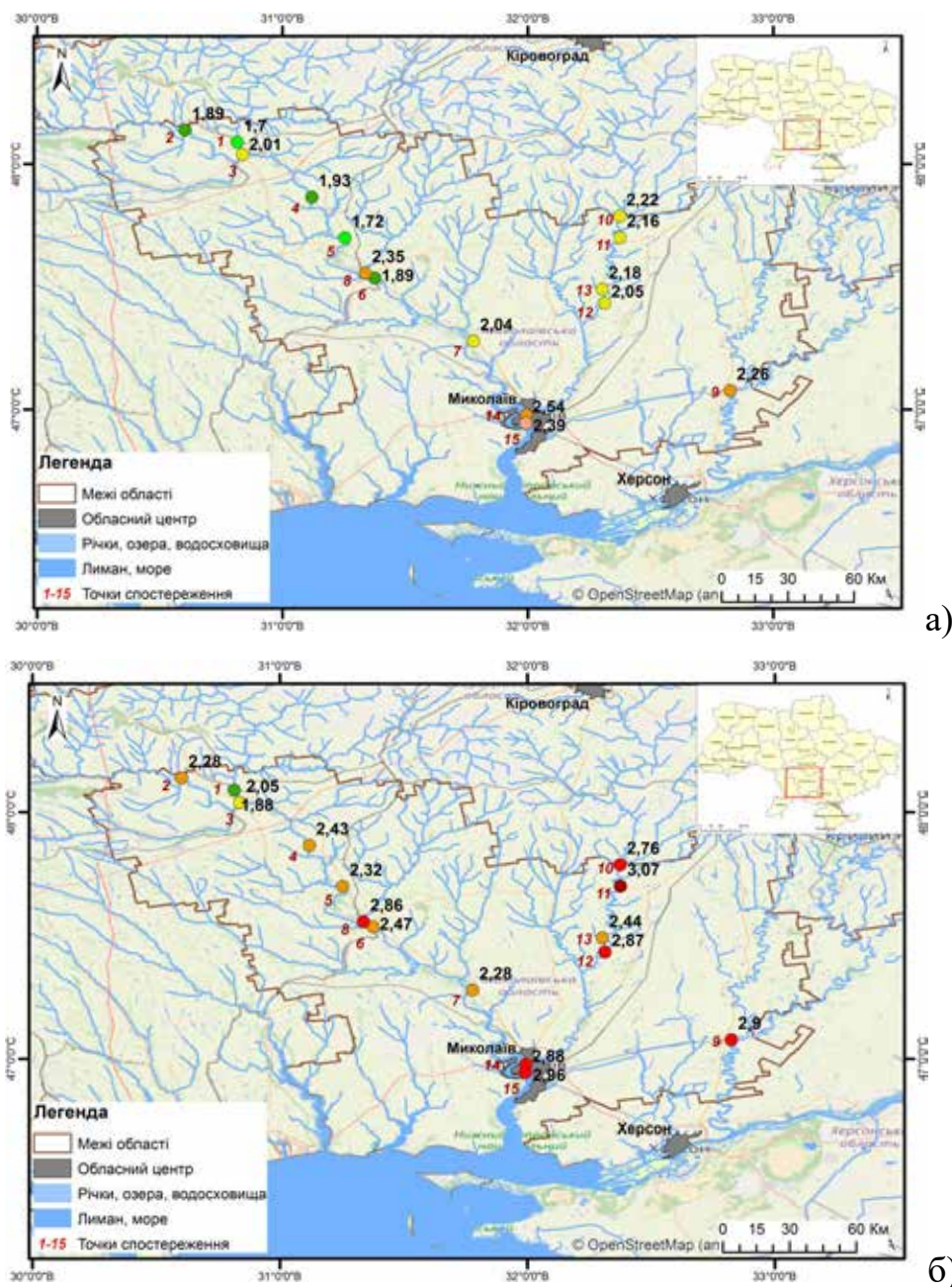
Річка Інгул є найбільшою притокою р. Південний Буг (ліва притока р. Південний Буг). Основним джерелом живлення є снігові та дощові опади. Водний режим річки характеризується високим весняним водопіллям, низькою літньо-осінньою та зимовою меженню та невеликими паводками. Середня витрата води в районі села Новогорожене (118 км від гирла річки) становить 7,48 м<sup>3</sup>/с [23]. Внутрішньорічний розподіл стоку нерівномірний. На пригірловій ділянці спостерігаються згинногінні явища, а також підпір від р. Південний Буг.

Вода Інгулу використовується для питного водопостачання та зрошення. Річка частково зарегульована ставками які використовуються для розведення риби [24].

Згідно результатів оцінки за органолептичними показниками вода р. Інгул характеризувалась високими показниками кольоровості, мутності та не відповідала вимогам бажаної якості.

За середніми значеннями загально-санітарних хімічних показників перевищення рекомендованих у [16] гігієнічних нормативів якості води спостерігається ХСК, БСК<sub>5</sub>, лужність, жорсткість, мінералізація, сульфати, магній, натрій. Ці дані ілюструють як про високі концентрації органічних забруднюючих речовин, так і надмірний вміст солей у воді. Якість води у всіх точках контролю відповідала 3 класу (табл. 2). Низька якість води спостерігається на перехідній ділянці від Кіровоградської до Миколаївської області. В районі питних водозаборів (163–103 км від гирла) спостерігається незначне покращення загальносанітарних показників. Нижче за течією – чітка тенденція до зниження якості води до «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості (2 км від гирла). За максимальними показниками якість води погіршувалась до 4 класу – «посередньої», «обмежено придатної» небажаної якості. Найбільший негативний вплив на якість води вносили збільшення концентрації БСК<sub>5</sub>, нітритного й нітратного азоту, сульфатів, загальна жорсткість, мінералізація. Присутність таких речовин у воді не тільки прискорюють процеси евтрофікації [25], а й роблять її не придатною для питного використання.

За значеннями вмісту токсикологічних хімічних показників якість води відповідала 2 класу по всій довжині річки, зміни спостерігались в межах підкла-



Якість води:

I клас

- «Відмінна», дуже чиста вода
- «Відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води базової якості

II клас

- Вода, перехідна за якістю від «відмінної», дуже чистої до «доброї», чистої
- «Добра», чиста вода з ухилом до класу «відмінної», дуже чистої
- «Добра», чиста вода прийнятної якості
- «Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості

III клас

- Вода, перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої
- «Задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої
- «Задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості
- «Задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «обмежено придатної» небажаної якості

IV клас

- Вода, перехідна за якістю від «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості до «обмежено придатної» небажаної якості
- «Обмежено придатна» небажаної якості з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої води, прийнятної якості
- «Посередня», «обмежено придатна» небажаної якості

Рис. 2. Характеристика якості поверхневих вод для централізованого питного водопостачання за середніми (а) та найгіршими (б) показниками



Результати оцінки якості поверхневих вод на території Миколаївської області за гігієнічними та екологічними критеріями (за ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання»)

№ контр. точки	Точка спостереження, відстань від гирла річки	Індекси якості води, ум. од. (за органолептичними показниками <sup>1</sup> , за загальносанітарними хімічними показниками <sup>2</sup> , за токсикологічними показниками <sup>3</sup> )		
		<sup>1</sup> I <sub>орг.</sub>	<sup>2</sup> I <sub>з-с</sub>	<sup>3</sup> I <sub>т</sub>
<b>р.Синюха (ліва притока р. Південний Буг)</b>				
1	10 км (м.Первомайськ)	1,67	2,44	1,00
<b>р.Південний Буг</b>				
2	237 км (сmt. Побузьке)	1,67	2,13	1,86
3	206 км (м.Первомайськ)	1,67	2,19	2,17
4	153 км (с. Олексіївка)	1,67	2,38	1,67
5	136 км (с.Олександрівка)	1,67	2,31	1,86
6	97 км (м.Вознесенськ)	1,67	2,44	1,57
7	50 км (с. Ковалівка)	1,67	2,44	2,00
<b>р.Мертвовод (ліва притока р. Південний Буг)</b>				
8	1км (м. Вознесенськ)	1,67	3,06	2,33
<b>р.Інгулець(права притока р. Дніпро)</b>				
9	83 км (м.Снігурівка)	1,67	2,69	2,43
<b>р.Інгул (ліва притока р. Південний Буг)</b>				
10	179 км (с. Розанівка)	1,67	3,00	2,00
11	163 км (с.Софіївка)	1,67	2,81	2,00
12	103 км (с. Одрадне)	1,67	2,81	1,67
13	100 км (с.Привільне)	1,67	2,88	2,00
14	2 км (м. Миколаїв)	1,67	3,00	2,50
<b>Бузький лиман</b>				
15	0,5 км (м. Миколаїв)	1,67	3,37	2,50

сів. Однак, в районах питних водозаборів (163 км, м. Новий Буг та 103 км, м. Баштанка) протягом періоду спостереження спостерігалось погіршення якості води до третього класу, що пояснюється підвищенням концентрації заліза загального, нікелю та марганцю. За найгіршими показниками якість води оцінювалась як «задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості. Найгірші токсикологічні показники хімічного складу води протягом року спостерігаються у нижній за течією точці контролю (2 км, м. Миколаїв), де за середніми та максимальними показниками вода відповідала 3 класу та характеризувалась як перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої.

За значеннями інтегральних індексів якість води за середніми значеннями оцінювалась другим класом (рис. 2, а), за найгіршими – третім класом (рис. 2, б). Змінювались лише підкласи якості.

Результати оцінки ілюструють як високі концентрації органічних забруднюючих речовин, так і надмірний вміст солей у воді. Для забезпечення ефективного видалення таких забруднювачів з води необхідно

або доповнити існуючу технологію водопідготовки на очисних спорудах процесами опріснення води із забезпеченням попереднього очищення вхідного потоку, або побудувати нову водоочисну станцію.

За результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що наявна кількість води в р. Інгул недостатня для повного забезпечення водоспоживання м. Миколаєва. Водночас якість води не відповідає стандартам, і потребує додаткового дороговартісного очищення води.

Річка Інгулець – права притока Дніпра, типова рівнинна річка з високим весняним водопіллям та низькими літньою і зимовою межнями. Основний річковий стік формується у верхній частині басейну (80%). За характером живлення р. Інгулець відноситься до річок з переважно сніговим живленням. Середньорічна витрата води у річці біля Кривого Рогу (332 км від гирла річки) – 7,5 м<sup>3</sup>/с [23].

Екологічний стан річки Інгулець, на сьогоднішній день, є дуже складним. Річка потерпає від антропогенного впливу, що є наслідком гірничо-металургійної діяльності підприємств Криворізького району.

Скиди стічних вод промислових підприємств призводять до забруднення води та погіршення її якості за показниками мінералізації до 6,0–8,0 г/дм<sup>3</sup>, хлоридів – 3,4 г/дм<sup>3</sup>. Високим також є забруднення органічними речовинами, фенолами, нафтапродуктами, сполуками азоту. У пониззі Інгульця розташовано головну насосну станцію Інгулецької зрошувальної системи (83 км від гирла), яка закачує значні обсяги річкової води для подачі на зрошувані масиви. Отже, вплив господарської діяльності є настільки значним, що важко сказати, чим річка є більше: природним об'єктом чи господарським.

Оцінку якості води р. Інгулець було проведено за даними моніторингу у точці контролю біля с. Снігурівка (83 км від гирла) та встановлено, що за всіма органолептичними показниками (запах, кольоровість, мутність) вода річки не відповідає вимогам бажаної якості.

Перевищення рекомендованих у [16] гігієнічних нормативів якості води спостерігається за БСК<sub>5</sub> (2,6–3,7 разів), ХСК (1,9–2,7 разів), сульфатами (2,6–3,1 разів), хлоридами (1,9–3,1 разів), загальною жорсткістю (2,1–2,8 разів), мінералізацією (2,1–2,8 разів). Якість води за середніми показниками відповідала 3 класу і характеризувалась як перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої (табл. 2). Погіршення якості води спостерігалось у літній період до показників «задовільної», слабо забрудненої води з ухилом до класу «доброї», чистої.

За середніми значеннями вмісту токсикологічних хімічних показників якість води відповідала 2 класу та характеризувалась як «добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості. Погіршення якості води до 3 класу – «задовільної», слабо забрудненої води з ухилом до класу «доброї», чистої, викликано підвищенням концентрацій заліза загального, нікеля, марганцю та нафтопродуктів.

За значеннями інтегрального індексу вода у р. Інгулець відповідала другому класу і оцінювалась як «добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості (рис. 2, а). За найгіршими показниками спостерігалось погіршення якості води до 3 класу (рис. 2, б).

Про наявність складної екологічної ситуації в басейні р. Інгулець також свідчить підвищення забруднення після підняття рівня води на території південного регіону України, що викликано руйнуванням Каховської ГЕС. Згідно результатів кризового моніторингу якості поверхневих вод в районі підтоплення, у річці Інгулець спостерігалось значне перевищення встановлених нормативів за запахом, БСК<sub>5</sub>, мінералізації, сульфідів, хлоридів, заліза загального. Про підвищення рівня мікробного забруднення свідчив високий рівень лактозопозитивної кишкової палички (перевищення нормативів у 48000 разів) [26, 27].

Враховуючи незначний стік р. Інгулець, а також необхідність вирішення проблеми скидання стічних вод підприємств Кривбасу, р. Інгулець можна розглядати лише в якості додаткового аварійного джерела водопостачання.

Враховуючи складну ситуацію з водопостачанням у місті як альтернативне джерело також було проаналізовано показники якості води у гирлі р. Південний Буг та Бузькому лимані.

Результати оцінки якості води у контрольній точці лиману (0,5 км, м. Миколаїв) свідчать про значні відхилення від нормативних значень для води питної якості за такими показниками, як мінералізація (5,9–11 разів), жорсткість (3,6–5,2 разів), хлориди (10,5–18,1 разів), сульфати (1,9–2,8 разів), БСК<sub>5</sub> (1,8–3,0 разів), ХСК (2,2–2,7 разів). Якість води відповідала 3 класу (рис. 2). Погіршення якості води до «задовільної», слабо забрудненої з ухилом до класу «обмежено придатної» небажаної якості спостерігалось за загальносанітарними хімічними показниками. Серед токсикологічних показників хімічного складу води спостерігались високі концентрації заліза загального, міді, марганцю, АПАР.

Підсумкові результати оцінки підтвердили високі концентрації органічних забруднюючих речовин, так і надмірний вміст солей у воді. Використання Бузького лиману як джерела питного водопостачання можливе лише за умови використання відповідних водоочисних споруд для зменшення мінералізації.

**Висновки.** У зв'язку з воєнними діями, півмісьонне місто Миколаїв зазнало проблем у централизованому водопостачанні через пошкодження як системи подачі води, так і відсутності можливості доступу до джерела водопостачання – річки Дніпро. У зв'язку з критичною ситуацією, проводиться пошук альтернативних джерел води для міста, які б не тільки відповідали вимогам якості питної води, а й повністю безперебійно покривали потреби міста.

Експлуатаційні запаси прісних підземних вод в області недостатні для використання їх як основного джерела водопостачання. А вода, що постачалася з перебоями з альтернативних джерел, згодом мала надмірні концентрації хлоридів, сульфатів та інших мінеральних солей навіть після очищення.

За результатами гігієнічної та екологічної оцінки якості поверхневих вод на території Миколаївської області, які могли б бути потенційним альтернативним джерелом питного водопостачання для м. Миколаїв, було встановлено, що в жодному дослідженому водному об'єкті рівень екологічної безпеки води не відповідає вимогам бажаної якості та безпечному рівню.

За результатами гідрологічного та гідрохімічного аналізу встановлено, що за кількістю води річка Південний Буг може забезпечити потребу у воді місто Миколаїв. Однак, у випадку використання води річки для питних потреб необхідно забезпечити її доочищення до нормативних показ-

ників на очисних спорудах водопідготовки. На сьогоднішній день, існуючі очисні споруди розраховані на доведення природної води до якості питної лише у випадку, коли вихідна вода відповідає 1-му класу поверхневих джерел водопостачання та не дозволяють забезпечити населення якісною та безпечною для здоров'я людини питною водою. Така ситуація свідчить про необхідність додаткового дослідження щодо вдосконалення існуючої схеми водопідготовки та модернізації очисного обладнання.

Враховуючи вплив згінноагінних явищ з Бузького лиману у гирлі річки Південний Буг, а також розміщення місць скиду стічних вод комунальними підприємствами, які розміщені вище за течією, найближчою точкою водозабору можна розглядати ділянку річки Південний Буг вище с. Ковалівка (50 км), де якість води характеризується як «добра», чиста вода з ухилом до класу «відмінної», дуже чистої.

Наявної кількості води в р. Інгул недостатньо для забезпечення потреб у воді м. Миколаєва. Вода в річці характеризується такими показниками, що значно перевищують нормативні вимоги за показниками хімічне споживання кисню (ХСК), біологічне споживання кисню (БСК), твердість, сухий залишок, сульфати, магній, натрій. Підготовка цієї води для питних цілей потребує або реконструкції техноло-

гічного ланцюга водопідготовки з введенням в нього споруд для знесолення води, або будівництва нової водоочисної станції.

За основними показниками якості води річка Інгулець може бути використана лише як додаткове джерело водопостачання за умови очищення шахтних стічних вод, які скидаються у річку. Крім того, після Каховської катастрофи та у зв'язку з продовженням воєнних дій, не можна повністю виключати вірогідність повторення зміни гідрологічних параметрів нижньої течії річки Дніпро, що призвело до підняття рівня води в річці Інгулець та додаткового забруднення внаслідок затоплення територій. Такі події значно знижують надійність водопостачання з цього джерела.

Вода в гирлі Південного Бугу та Бузькому лимані за основними гідрохімічними показниками не відповідає вимогам до джерела водопостачання, її використання можливе після проведення опріснювальних заходів.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати дослідження можуть бути використані при розробці науково обґрунтованих рекомендацій для визначення найбільш екологічно стійких та прийнятних рішень для забезпечення якісного водопостачання, розробці водоохоронних заходів та стратегії управління водними ресурсами у регіоні.

#### Література

1. Про національну безпеку України : Закон України від 21.06.2018 р. № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text>.
2. Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 09.12.2022 № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
3. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2019, № 16, ст.70.
4. Про затвердження обласної Програми «Питна вода Миколаївщини» на 2021-2025 роки: Рішення Миколаївської обласної ради від 29.09.2021 № 4. URL: <https://www.mk-oblrada.gov.ua/UserFiles/decree/1633434255615c3a8f16115.pdf>
5. Річний звіт з питань управління водними ресурсами басейну річок Причорномор'я за 2020 рік. Басейнове управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю. Одеса, 2021. 66 с.
6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2022 році. Управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної державної адміністрації. Миколаїв, 2023. 232 с.
7. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення : Закон України від 10.01.2002 № 2918-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>
8. Афанасьєв С.О., Васильчук Т.О., Летицька О.М., Білоус О.П. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС. Київ : ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2012. 29 с.
9. Магась Н. І., Трохименко Г.Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг. Науковий журнал «Екологічна безпека»: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. Кременчук: КрНУ, 2013. – Випуск 2/2013 (16). – С. 48-52.
10. Магась Н. І. Оцінка сучасного стану та рівня екологічної безпеки річкових вод в басейні Південного Бугу на території Миколаївської області. Екологія. Довкілля. Енергозбереження. 2024 : колективна монографія / під ред. О. В. Степової. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2024. с. 109-124.
11. Єзловецька І.С., Шунков В.С., Буланюк С.М. Оцінка якості води Південного Бугу в місяцях потужних питних водозаборів Вінницької області. Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. 2015. № 2 (17). С. 22–39.
12. Залізник Я. І. Оцінка якості вод за інтегральним показником забруднення у річках басейну Південного Бугу в межах Вінницької області. Український гідрометеорологічний журнал, 2021. (28), 37-47. <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.04>
13. Малащук О., Руденко О. Оцінка якості вод Південного Бугу в межах Хмельницької області та біотехнологічні шляхи їх очищення. Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Сільськогосподарські науки, 2021. 23 (95), 122-127. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9518>

14. Шахман І. О. Екологічна оцінка якості води середньої течії річки Південний Буг за гідрохімічними показниками. Тарійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / ДВНЗ “ХДАУ”. Херсон: Видавничий дім “Гельветика”, 2020. Вип. 113. С. 260–266.
15. Shakhman I., Bystryantseva A. Water Quality Assessment of the Surface Water of the Southern Buh River Basin by Complex Indices. *Journal of Ecological Engineering*. Volume 22, Is. 1, P. 195–205.
16. 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. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>
17. ДСанПіН 2.2.4–171–10. Державні санітарні норми та правила “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
18. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання. К., 2007.
19. Демографічна ситуація у Миколаївській області. Експрес-випуск (уніфікований) Головного управління статистики у Миколаївській області. 2022. URL: [http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Dialog/statfile\\_c\\_files/pasport.files/pasport/48\\_uk.htm#02](http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Dialog/statfile_c_files/pasport.files/pasport/48_uk.htm#02)
20. Звіт про використання води за формою 2ТП\_водгосп (річна). Регіональний офіс водних ресурсів у Миколаївській області URL: [https://mk-vodres.davr.gov.ua/basseynova\\_rada](https://mk-vodres.davr.gov.ua/basseynova_rada)
21. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2022 році. Міністерство розвитку громад та територій України. URL: <https://mtu.gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html>
22. План управління річковим басейном Південного Бугу 2025-2030 (проект). Державне агентство водних ресурсів України. URL: <https://davr.gov.ua/plan-upravlinnya-richkovim-basejnom-pivdenного-bugu>
23. Вишневецький В. І., Куций А. В. Багаторічні зміни водного режиму річок України. Київ: Накова думка, 2022. – 252 с.
24. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу / В.К. Хільчевський, Р.Л. Кравчинський, О.В. Чунар'єв. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 180 с.
25. Магась Н.І. Вплив природних та антропогенних чинників на формування якості поверхневих вод Південного Побужжя. Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти. Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КПІ ім. Сікорського. 2019. с. 136-137.
26. Trokhymenko G., Magas N., Shumilova O., Klochko V. (2023). Analysis of surface water quality indicators in the Dnipro-Bug Estuary region in the first months after the destruction of the Kakhovka hydroelectric power station dam. *Journal Environmental Problems*, 8(4), 231–240. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2023.04.231>
27. Трохименко Г.Г., Магась Н.І. Оцінка впливу затоплення територій після руйнування греблі Каховської ГЕС на якість поверхневих вод у Миколаївській області. Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг : колективна монографія / за ред. проф. Мальваного М. С. Електрон. дан. Київ : Яроченко Я. В., 2023. с. 200-210. DOI <https://doi.org/10.51500/7826-38-4>