

Вплив антропогенних чинників на якість води в басейні річки Південний Буг

Марина Г. Шулякова , Валерій П. Михайленко 

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна

Реферат

Проведено дослідження антропогенного впливу на якість води в басейні р. Південний Буг, що забезпечує водою близько 8% населення України. Оцінено якість поверхневих вод на основі індексу забрудненості води (ІЗВ) та виявлено потенційні еколого-небезпечні водні тіла в межах Хмельницької, Вінницької, Миколаївської, Кіровоградської областей. Наведені картографічні дані, що репрезентують якість води в межах вибраних ділянок басейну. Визначено кратність перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) амоній-, сульфат-, хлорид-іонів і занижені показники розчиненого кисню та БСК₅ на 15 пунктах спостереження річкового басейну. Сформовано перелік підприємств, діяльність яких найбільше впливає на погіршення якості води в басейні та висвітлені основні джерела забруднення води за галузями господарства.

Досліджено господарську освоєність басейну. Під впливом антропогенної діяльності протягом останніх десятиліть відбувається постійна деградація водних ресурсів басейну. Для вивчення причин та джерел походження тиску на водні ресурси застосовували цілісний підхід DPSIR (Driving forces – Pressures – State – Impacts – Responses; українською: “Рушійна сила – Тиск – Стан – Вплив – Реагування”).

Показано, що основними факторами негативного впливу на басейн річки Південний Буг є незадовільна робота очисних споруд комунальних підприємств, інтенсифікація сільськогосподарської та промислової діяльності, а також недосконале управління якістю поверхневих вод зацікавленими сторонами. Рекомендації щодо покращення стану управління водним басейном базуються на Водній Рамковій Директиві 2000/60/ЕС, передбачають раціоналізацію водокористування та управління дифузними джерелами забруднення на найнижчому відповідному адміністративному рівні. Запропоновано заходи оптимізації управління водними ресурсами басейну річки Південний Буг, які сприятимуть досягненню завдань, поставлених Ціллю 6 Національної стратегії сталого розвитку ЦСР-2030.

Ключові слова

Індекс забруднення води, гідрохімічні показники, неочищені скиди, еколого-небезпечні підприємства, підхід DPSIR

Надійшла до редакції: 20 жовтня 2020 / Прийнята: 10 листопада 2020

The Influence of anthropogenic factors on water quality in the Southern Bug River basin

Maryna G. Shuliakova, Valeriy P. Mykhaylenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska St, Kyiv, 01601, Ukraine

Abstract

The study depicts an anthropogenic impact on water quality in the Southern Bug river basin that provides water to about 8% of the population of Ukraine. The potential ecologically dangerous water bodies were identified for Khmelnytsky, Vinnytsia, Mykolayiv and Kirovograd regions. The cartographic data indicated water quality within the selected basin segments is presented. The quality of surface waters was assessed based on the water pollution index (IP). The multiplicity of Maximum Permissible Levels (MPL) for ammonium, sulphate and chloride ions together with the Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) in water samples taken in observation points were determined. The preconditions of the pollution problems and their scales were indicated. The list of enterprises whose activities have the greatest impact on the deterioration of water quality, the type of industries and the main water pollution sources are also highlighted.

The economic mastering of the river basin is investigated. The basin has been inclined by anthropogenic impact within the last decades, leading to continuous water resource degradation. The holistic Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) approach was applied to investigate the main causes and origins of anthropogenic pressures aiming at optimizing the measures of sustainable water resources management. The major driving forces that affect the Southern Bug river basin are non-safety industrial enterprises, intensive agriculture, and insufficient water resources management. The main pressures on water resources provided the unclean agricultural drains driving to water quality degradation. The recommended responses are based on the Water Framework Directive (WFD) 2000/60/EC and sum up to rationalization of water resources, an appropriate land use, municipal waste management and especially agriculture effluents. The proposed measures to optimize the water resources management in the Southern Bug River Basin may contribute to meet the objectives set by Goal 6 “Clean Water and Sanitation” of the National Strategy for Sustainable Development Goals SDG-2030.

Keywords

Water pollution index, hydrochemical indicators, non-safety enterprises, unclean drain, DPSIR Approach

Received: 20 October 2020 / Accepted: 10 November 2020

1. Вступ

В епоху інтенсивного техногенезу, нерозважливого втручання людини в усі природні процеси погіршується стан всіх складових довілля, зокрема, найбільших змін зазнають водні ресурси.

Для України, як традиційно аграрно-індустріальної країни, процеси збереження та охорони водних об'єктів особливо важливі, враховуючи недостатню забезпеченість водними ресурсами та погіршення кліматичних умов. Актуальним стає питання катастрофічного забруднення поверхневих вод, зміна стану водних ресурсів під впливом господарської діяльності. У зв'язку з антропогенним навантаженням близько 70% поверхневих вод і значна частка запасів ґрунтових вод в Україні втратили своє значення як джерело питного водопостачання (Tsili staloho rozvytku..., 2017). Вже декілька років поспіль ця проблема стосується вод Південного Бугу – найбільшої річки, басейн якої знаходиться повністю в межах України. Актуальність дослідження обумовлена погіршенням якості води у Південному Бузі, що потребує удосконалення системи управління водними ресурсами і є основним завданням на шляху досягнення ЦСР 6 – Чиста вода та належні санітарні умови, завдання 6.4. Підвищити ефективність водокористування (Tsili staloho rozvytku..., 2017).

В межах басейну спостерігається нераціональне та еколого-небезпечне водовикористання та водоспоживання, підсилюється забруднення води, і, натомість, зменшується водність річки.

Про проблеми використання водних ресурсів та їх сучасний стан писали зарубіжні та вітчизняні вчені: особливості водних ресурсів України неодноразово досліджував (Vyshnevskyi, 2000), про якість річкових вод Південного Бугу та їх ефективне управління писали (Khilchevskyi, 2009; Afanasiev, 2012, 2014; Hrebin, 2017), водоносність річок та потенційні водні ресурси басейнів України вивчав (Obodovskyi, 2019).

Дослідники все більше усвідомлюють, що безпека водних ресурсів вимагає аналізу проблеми з мультидисциплінарної точки зору, яка включає питання управління, економіки, соціальних чинників та потреб у водокористуванні (Wuijts, 2018). В ЄС цей підхід відомий під назвою DPSIR. Його широко застосовують у Водній Рамковій Директиві ЄС для вироблення практики управління екосистемами різної природи на засадах сталого розвитку. Зокрема, спеціалізована установа ЄС у сфері охорони довкілля Environmental European Agency використовує підхід DPSIR як стандарт підготування звітності для моніторингу вирішення проблем еколого-економічної взаємодії (EEA, 2016). Цей підхід також застосували для вироблення практики інтегрованого управління водними

екосистемами (Caeiro, 2004; Song, 2012; Kagalou, 2012; Mattas, 2014).

Метою роботи було дослідження впливу господарської діяльності на якість водних ресурсів окремих ділянок басейну Південного Бугу.

Об'єкт дослідження – поверхневі води басейну річки Південний Буг. Предмет дослідження – зміна якості поверхневих вод в басейні р. Південний Буг внаслідок антропогенного впливу.

2. Матеріали та методи

Басейн Південного Бугу характеризується високим рівнем антропогенного навантаження. Антропогенний тиск на водні ресурси та якісний стан вод вивчено на основі даних:

- Open Street Map (Open Street Map..., 2018). Використано набір даних (векторних і растрових), включаючи населені пункти, сільськогосподарські зони, промислові зони, лісовий та трав'янистий покрив;
- Державного водного кадастру за розділом «Водокористування» (Derzhavnyi vodnyi kadastr, 2018);
- Державного моніторингу поверхневих вод (Derzhavnyi monitorynh, 2018);
- Багаторічних досліджень науковців (Khilchevskyi, 2009, 2015; Afanasiev, 2012, 2014; Hrebin, 2017; Obodovskyi, 2019).

Оцінювання якості поверхневих вод проводили на основі індексу забруднення води (ІЗВ). Це дає змогу виконати порівняння якості вод різних водних масивів між собою незалежно від наявності несхожих забруднювальних речовин.

ІЗВ розраховували за формулою (Khilchevskyi, 2015):

$$ІЗВ = \sum \frac{C}{ГДК} / n, \quad (1)$$

де ГДК – гранично допустима концентрація (значення) показника; С – фактична концентрація (значення) показника; n – кількість показників.

Розрахунок ІЗВ проводили по семи показниках: БСК5, розчинений кисень, сульфат-, хлорид-, амоній-, нітрат- та нітрит-іони. Вихідними даними слугували гідрохімічні показники річкових вод за 2018 рік (Derzhavnyi monitorynh, 2018). Середнє арифметичне значення кожного з показників за рік порівнювали з відповідними значеннями ГДК СанПін 2.2.4-171-10 (Pro zatverdzhennia Derzhavnykh ..., 2011). Для обчислення значень розчиненого кисню при розрахунках ІЗВ брали співвідношення норматив/реальна концентрація (Khilchevskyi, 2015). За величиною ІЗВ визначили клас якості вод (табл. 1).

ІЗВ розраховували для 15 пунктів спостереження. Водні масиви для дослідження обирали в межах джерел питного водопостачання на основі проведеного моніторингу скарг населення на якість води в соціальних мережах, ЗМІ та звернень

Таблиця 1. Критерії оцінки якості поверхневих вод за ІЗВ (без урахування водності) (за Snizhko, 2001)**Table 1.** Criteria for assessing the quality of surface water by water pollution index (excluding water content) (Snizhko, 2001)

Клас якості вод	Текстовий опис	Величина ІЗВ
I	Дуже чиста	< 0,3
II	Чиста	> 0,3–1
III	Помірно забруднена	> 1–2,5
IV	Забруднена	> 2,5–4
V	Брудна	> 4–6
VI	Дуже брудна	> 6–10
VII	Надзвичайно брудна	> 10

до Обласних екологічних інспекцій щодо стану забруднення води (Derzhavnyi monitorynh, 2018).

Кратність перевищення ГДК (2) вибраних показників визначали в усіх пунктах спостереження басейну, оскільки ІЗВ не показує перевищення конкретного показника:

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК}}, \quad (2)$$

де K_i – кратність перевищення ГДК по i -му показнику; C_i – концентрація i -го показника у воді водного об'єкта, мг/дм³; $C_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація i -го показника, мг/дм³.

Отримані дані щодо якості води за ІЗВ та ГДК, порівнювали з результатами дослідження Афанасьєва С.О. (Afanasyev, 2012). В даному дослідженні використана система «Класифікація якості ріки та біорізноманіття», що повністю узгоджується з вимогами ВРД ЄС-2000/60/ЄС.

Дані щодо господарського освоєння басейну р. Південний Буг та якості води, були оброблені за допомогою програм QGIS та MapInfo. Басейн річки створювали на основі даних HydroSHEDS (Lehner, 2008). Набір даних (векторних і растрових), включаючи річкові мережі, межі вододілу та суббасейни використовували із роздільною здатністю 90 м.

Визначення причинно-наслідкових зв'язків між якісним станом водних ресурсів та господарською

діяльністю (екологічним і соціально-економічними системами) проводили із застосуванням концептуальної системи DPSIR, яка є одним із широковживаних методологічних підходів, рекомендованих ВРД (Zahvoyska, 2016).

Екологічні показники моделі DPSIR (табл. 2) мають відповідний зв'язок із даними моніторингових спостережень. Так, показники (БСК₅) та концентрація амонійного азоту в річковій воді корелюють із (S), мають зв'язок з показниками «Забруднені стічні води» (P та D), «Біогенні речовини в прісній воді» (S), «Якість питної води» (S) (Ekolohichni pokaznyky, 2017).

3. Результати

На основі проведених розрахунків ІЗВ, виявлено, що в дев'ятох створах вода відноситься до II класу якості (чиста), в чотирьох пунктах до III класу (помірно брудна). В створі с. Копистин (Хмельницька обл.) якість води віднесена до VI класу (дуже брудна), а в пункті смт. Меджибіж до V класу (брудна) (рис. 1).

Для вод другого класу якості характерні певні зміни досліджених параметрів порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги водної системи.

До третього класу якості відносяться води, які знаходяться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. Такі ділянки виявлено в межах Миколаївської обл. (пункти спостереження на р. Інгул та в межах м. Миколаїв).

Води IV-VII класів – це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як екологічний регрес (Khilchevskyi, 2015). В даному випадку – це ділянка від м. Хмельницького до Вінницької обл.

Було визначено кратність перевищення ГДК (середнього значення за 2018 рік): амоній- та сульфат- іонів, БСК₅ та кисню у воді. Підвищений вміст сульфатів, хлорид-іонів зафіксовано в межах

Таблиця 2. Основна класифікація підходу DPSIR (за даними EEA, 2016)**Table 2.** A generic DPSIR framework (based on EEA, 2016)

Літера	Англомовне значення	Українське значення	Зміст
D	Driving forces	Рушійні сили	природні та антропогенні чинники (соціальні, економічні, політичні), що впливають або потенційно можуть вплинути на довкілля та стан здоров'я населення, їхня синергія.
P	Pressure	Навантаження на природу (тиск)	пряме антропогенне навантаження на довкілля, що здійснюється через викиди та скиди забруднюючих речовин, використання природних ресурсів
S	State	Сучасний стан	відносяться до поточного стану та тенденцій змін навколишнього середовища, що включають також параметри якості основних складових довкілля
I	Impact	Вплив (Наслідки)	наслідки зміни довкілля для здоров'я населення, наслідки для природи та біорізноманіття.
R	Responces	Протидія або відповідь (реагування)	конкретні дії, спрямовані на вирішення екологічних проблем



Рис. 1. Якість вод на окремих ділянках басейну р.Південний Буг, 2018 (за даними Derzhavnyi monitorynh poverkhnevnykh vod, 2018).
Fig. 1. Water quality in some parts of the Southern Bug river basin, 2018 (based on Derzhavnyi monitorynh poverkhnevnykh vod, 2018).

Миколаївської та Кіровоградської обл. (рис. 2).
 Перевищення ГДК амоній-іонів та значень БСК₅, фіксувалося у різний час майже в усіх створах спостереження. Параметр БСК₅ описує витрати розчиненого кисню на споживання водними організмами, на аеробне розкладання органічних речовин та на створення біомаси фітопланктону. Підсилення росту фітопланктону спостерігається за рахунок надходження в водну систему поживних азот- і фосфор-містких речовин, що в свою чергу збільшує утворення фенолів, продуктів їхньої життєдіяльності. Феноли є вкрай небажаними сполуками в технологіях підготовки води для питного споживання, оскільки вони не розраховані на видалення фенолів перед стадією знезараження. В процесі хлорування утворюються хлорфеноли – токсичні сполуки з неприємним запахом, що порушує безпечність та якість питної води за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками (DSanPiN 2.2.4-171-10, Annex 2, 2010).

Наявність великої кількості органічних речовин може привести до зниження прозорості річкової води та зменшення біорізноманіття водних видів. Надмірний вміст іонів амонію значною мірою сприяє втраті розчиненого у воді кисню, який витрачається на формування нітрит-нітратного забруднення водою (Ekolohichni pokaznyky, 2017).

Найбільша кратність перевищення ГДК амоній-іонів та БСК₅ спостерігалась здебільшого у створах питних водозаборів міст Хмельник, Калинівка,

Вінниця та в створах, що знаходяться далі за течією найбільших міст (рис. 3, 4).

Дослідження якості води за ІЗВ та ГДК відповідають результатам оцінки, яка проводилась за вимогами ВРД ЄС-2000/60/ЄС (за Afanasiev, 2012). Використана система «Класифікація якості ріки та біорізноманіття», або в англійській версії River Quality and Biodiversity Assessment – RQBA базується на порівнянні даних щодо цільового або референційного (тобто такого, що відповідає стану непорушеного водного об’єкту) та сучасного стану середовища за станом біоти, деяких гідрохімічних характеристик та основних біотопів в межах виділених водних масивів. Виділено п’ять класів статусу водних масивів: 1 – відмінний, 2 – добрий, 3 – задовільний, 4 – поганий, 5 – дуже поганий. До Ладижинського водосховища тільки одна ділянка обстеження мала добрий екологічний статус, при цьому шість із виділених водних масивів мали статус від задовільного до дуже поганого. Найгірший екологічний статус за RQBA визначено від м. Хмельницький вниз за течією (дані співпадають з результатами оцінки якості води за ІЗВ – рис. 1). Крім того, фактично на всій протяжності річки вміст загального фосфору у воді знаходився в межах найгіршого п’ятого класу. Виключення склали тільки верхів’я Південного Бугу та Ладижинське водосховище, де, внаслідок активізації продукційно-деструкційних процесів за рахунок скиду підігрітих вод, надлишок фосфору використовується досить розвиненими,

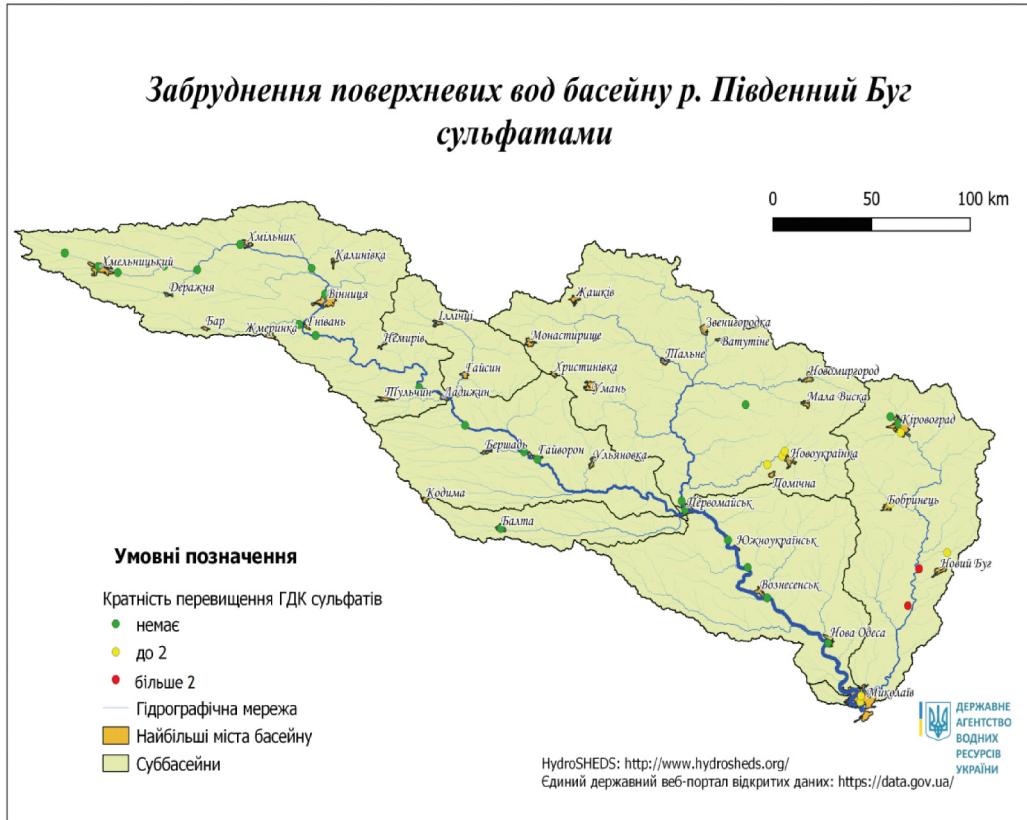


Рис. 2. Кратність перевищення ГДК вмісту сульфат-іонів в пунктах спостереження басейну р. Південний Буг, 2018 (Derzhavnyi monitorynh poverkhnevuykh vod, 2018).

Fig. 2. Excess the standards of discharge of sulfate ions (based on Derzhavnyi monitorynh poverkhnevuykh vod, 2018).

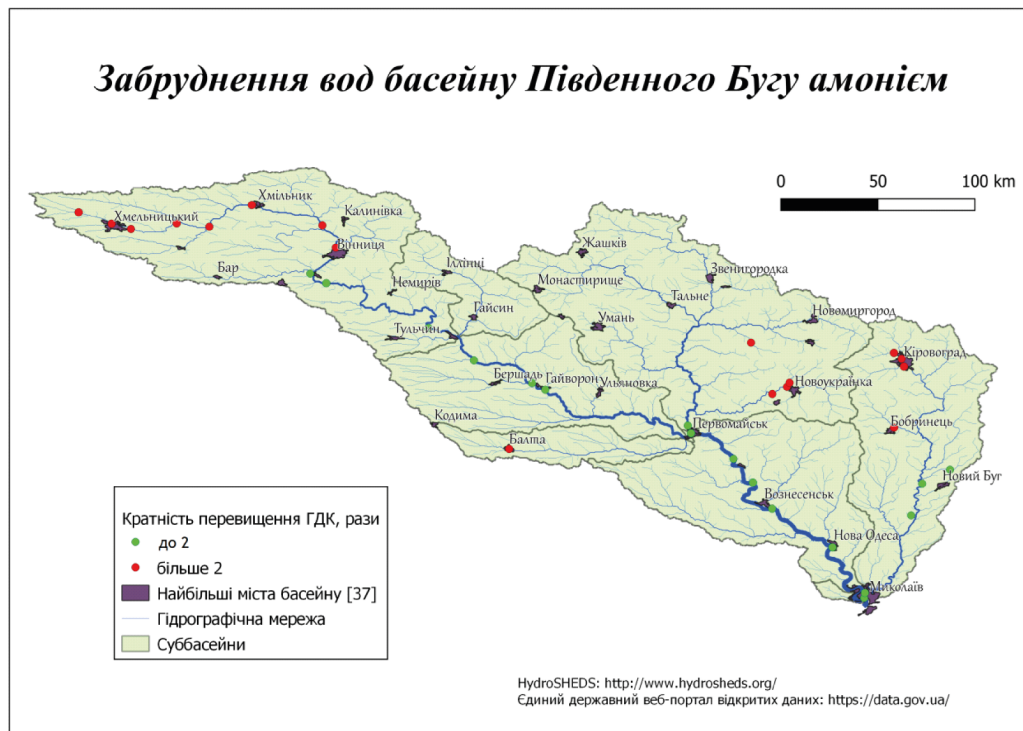


Рис. 3. Кратність перевищення ГДК вмісту амоній-іонів в пунктах спостереження басейну р. Південний Буг, 2018 (за даними Derzhavnyi monitorynh poverkhnevuykh vod, 2018).

Fig. 3. Exceeding of MPL for discharged ammonium ions (based on Derzhavnyi monitorynh poverkhnevuykh vod, 2018).



Рис. 4. Кратність перевищення норми БСК5 в пунктах спостереження басейну р. Південний Буг, 2018 (за даними Derzhavnyi monitorynh poverkhnevyykh vod, 2018).

Fig. 4. Exceeding of the BOD5 level at the observation points of the Southern Bug river basin, (based on Derzhavnyi monitorynh poverkhnevyykh vod, 2018).

високопродуктивними біологічними угрупованнями. Оцінка, проведена за вмістом загального азоту, показала досить строкату картину. Як правило, найгірша ситуація спостерігалась в межах скидів побутових чи промислових вод (Afanasiev, 2012).

4. Обговорення результатів

Одержані результати дослідження якості води поверхневих водойм басейну р. Південний Буг свідчать про незадовільний її стан. На окремих ділянках (рис. 1), вода непридатна для потреб питного водопостачання. Це обумовлено певною мірою зниженням водності річок басейну та тенденцією до зміни клімату. Одночасно, на якісний стан водних об'єктів помітно впливають скиди зворотних вод промислових і комунальних підприємств та поверхневий стік із забудованої території населених пунктів. Загальний об'єм скинутих стічних вод в поверхневі водойми за 2018 рік склав 182 млн/м³. Найбільший об'єм стічних вод скидають підприємства житлово-комунального господарства 87,19 млн/м³ (Derzhavnyi vodnyi kadastr, 2018).

Перевищення ГДК сполук азоту зафіксовано за межами найбільших міст басейну (рис. 3). Далі за течією відбувається процес самоочищення водного масиву річки за рахунок розбавлення. Проте, великі міста, наприклад, м. Хмельницький генерують велику кількість стічних вод, що не дозволяє досягти ефективного ступеню

розбавлення природним стоком. Це призводить до значного зменшення концентрацій кисню у воді і формує загрозу утворення задухи. Надлишки сполук азоту і фосфатів у воді призводять до евтрофікації та порушення біологічної рівноваги у водоймах (Afanasiev, 2014).

Концентрація амоній-іонів є індикаторним показником процесу забруднення поверхневих вод, у першу чергу побутовими й сільськогосподарськими стоками, і вказує на нещодавнє забруднення. Нами зафіксована евтрофікація водойм далі від місць скидів побутових стічних вод. Концентрація іонів амонію зростає на маловодній ділянці с. Копистин, далі за течією від скидів комунального підприємства (КП) «Хмельницькводоканал». За останніми даними спостереження (2018 р.), вміст амоній-іонів перевищував норми у 51,5 разів і становив 25,76 мг/дм³ (при ГДК 0,5 мг/дм³). Перевищення вмісту амоній-іонів фіксували і у пункті спостереження 500 м від скиду стічних вод КП «Вінницяводоканал», вниз за течією м. Вінниця, а також поблизу КП «Хмельникводоканал», «Калинівкаводоканал» (рис. 3).

Забруднення органічними речовинами оцінювали за показником БСК₅ (рис. 4) та вмістом розчиненого кисню у воді. Стічні води, які містять суспензії органічного походження або розчинені органічні речовини, згубно впливають на стан водойм. Випадаючи в осад, органічні залишки замулюють дно водойми, затримують розвиток або зупиняють життєдіяльність мікроорганізмів,

які беруть участь в процесах самоочищення вод (Afanasiev, 2014). У басейні Південного Бугу основна частка вказаних сполук (71%) скидається комунальними підприємствами міст Вінниця, Хмельницький, Кропивницький, Умань, Первомайськ та інші (табл. 3).

Надзвичайно проблемним є стан очисних споруд невеликих населених пунктів (смт Смоліне, с. Сазонівка, смт Ватутіне, м. Тульчин, м. Христинівка,

м. Монастирище, с. Катеринівка, с. Нове), де одночасно спостерігається високий питомий скид мінеральних сполук азоту, фосфору та органічних речовин. У м. Новомиргород, м. Звенигородка, смт. Вороновиця та смт. Богданівці стічні води скидаються взагалі без очистки.

В табл. 3 наведені комунальні підприємства, а також підприємства промислової та гірничо-промислової галузі (Кіровоградська обл). Об'єм

Таблиця 3. Найбільші підприємства-забруднювачі поверхневих вод басейну р. Південний Буг (за даними Derzhavnyi vodnyi kadastr, 2018)

Table 3. The list of enterprises whose activities have the greatest impact on the deterioration of water quality in the Southern Bug River basin (based on Derzhavnyi vodnyi kadastr, 2018)

Область	Населений пункт	Найменування підприємств	Назва річки
Хмельницька	м. Хмельницький	МКП "Хмельницьководоканал"	р.Південний Буг
	с. Богданівці	КП "Комунальник-СБ"	р.Південний Буг
	с. Скаржинці	Хмельницька облпсихлікарня №1	р. Снивода
	смт. Летичів	Комунальне госпрозрахункове підприємство "Злагода"	р. Вовк
Вінницька	м. Іллінці	ДП "Іллінціводоканал"	р. Соб
	м. Бар	МКП "Барводоканал"	р.Південний Буг
	м. Немирів	Немирівський ККП	р. Безіменна
	м. Хмільник	ДП "Хмільникводоканал" (перевищення нормативів ГДС)	р. Південний Буг
	м. Калинівка	ДП "Калинінководоканал" (перевищення нормативів ГДС)	р. Жердь
	смт. Вороновиця, Вінницький район	ПП "Міхалич і Ко"	р. Воронка
	м. Іллінці	ТОВ "Іллінецький цукровий завод"	р. Соб
	с. Лука Мелешківська, Вінницький район	ФОП Прилуцький В.Ю.	р.Чапля
	м. Тульчин	Тульчинське КП "Вінницяоблводоканал"	р. Сільниця
	смт. Вороновиця, Вінницький район	КП "Надія" (несанкціонований скид)	р. Воронка
смт. Крижопіль	Крижопільська філія ТОВ "Фуддевелопмент"	р. Берладинка	
Черкаська	м. Умань	Уманське ВУ ВКГ	р. Уманка
	м. Тальне	ДП "Тальнівський завод по виробництву м'ясо-кісткового борошна"	р. Гірський Тікич
	м. Христинівка	Христинівський молокозавод	р. Удич
	м. Шпола	Шполянський молокозавод	р. Шполка
	м. Звенигород	Звенигородське КП "Водоканал"	р. Гнилий Тікич
	м. Монастирище	Монастирищинське ВУ ЖКГ	р. Гнилий Тікич
	м. Тальне	Тальнівське КП "Водоканал"	р. Гнилий Тікич
	м. Христинівка	Христинівське ВУ ЖКГ	р. Удич
м. Ватутіне	Ватутінське КВП "Водоканал"	р. Гнилий Тікич	
Кіровоградська	с. Смоліне	Смолінське ВКГ ОКПВ "Дніпро-Кропивницький"	р.Кильтень
	с. Неопалимівка	Шахта "Інгільська" ДП "Схід ГЗК"	р.Інгул
Миколаївська	смт. Ольшанське	КП "Ольшанське"	р. Південний Буг
	м. Первомайськ	КП "Первомайський міський водоканал"	р. Південний Буг
	м. Нова Одеса	КП "Прибузьке"	р. Південний Буг та його притоки Гнилий Єланець і Нірша
	м. Баштанка	КП "Міський водоканал"	р. Інгул

промислових стічних вод на 8% менший за комунальні стоки, але кількість забруднювальних речовин, що вони скидають, менша у 6-10 разів (Afanasiev, 2014). Щодо гірничо-промислової галузі, то значний вплив на хімічний склад вод р. Інгул мають стічні води підприємств Криворізького залізорудного басейну. Зокрема в Кіровоградській області – це Інгульська та Смолінська шахти. Тому в суббасейні р. Інгул спостерігається перевищення ГДК сульфат- та хлорид-іонів.

Вплив сільськогосподарської галузі на якість води р. Південний Буг визначити складніше, оскільки, на відміну від комунальних та промислових підприємств, стоки сільського господарства мають дифузний характер поширення. Основна відмінність сільськогосподарських впливів від промислових полягає насамперед у їх розповсюдженні на значних територіях.

Басейн р. Південний Буг є одним із потужних аграрних регіонів України. Переважна його частина перебуває під впливом сільськогосподарського виробництва (рис. 5). Сільськогосподарські угіддя в загальній площі басейну становлять 81%, змінюючись на водозборах окремих річок в межах 74–90%. Найбільш освоєними є басейни річок степової зони. В басейні р. Інгул

на сільськогосподарські угіддя припадає 90%, р. Синюхи – 80–90%. Як правило, використання великих площ під сільськогосподарські потреби викликає докорінну перебудову всіх компонентів природних комплексів. Окрім досліджених параметрів загрозу несуть, стоки з сільськогосподарських угідь, що містять мінеральні та органічні добрива, хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР) – пестициди, гербіциди, фунгіциди тощо.

Розораність території складає переважно 57%, а в окремих басейнах малих річок досягає 80%, що значно перевищує екологічну межу (Khilchevskiy, 2009). Відповідно, тут спостерігається високий рівень антропогенного навантаження на водні об'єкти, що несе загрозу здоров'ю населення. Поверхневі води басейну є джерелом питного водопостачання в м. Хмельник (27 тис жителів), м. Калинівка (18,8 тис.), м. Вінниця (370,8 тис.), м. Ладижин (22,6 тис.), м. Южноукраїнськ (40,2 тис.), м. Вознесенськ (34,4 тис.), м. Первомайськ – пр. Синюха (66 тис.), м. Помічна – пр. Чорний Ташлик (8,9 тис.), смт. Новий Буг – пр. Інгул (15,5 тис.), м. Бобринець – пр. Сухоклія (10,7 тис.), смт. Смоліне – пр. Синюха (9,7 тис.) (Derzhavnyi vodnyi kadastr, 2018). Жителі цих населених пунктів знаходяться в зоні ризику відносно доступу до чистої води.

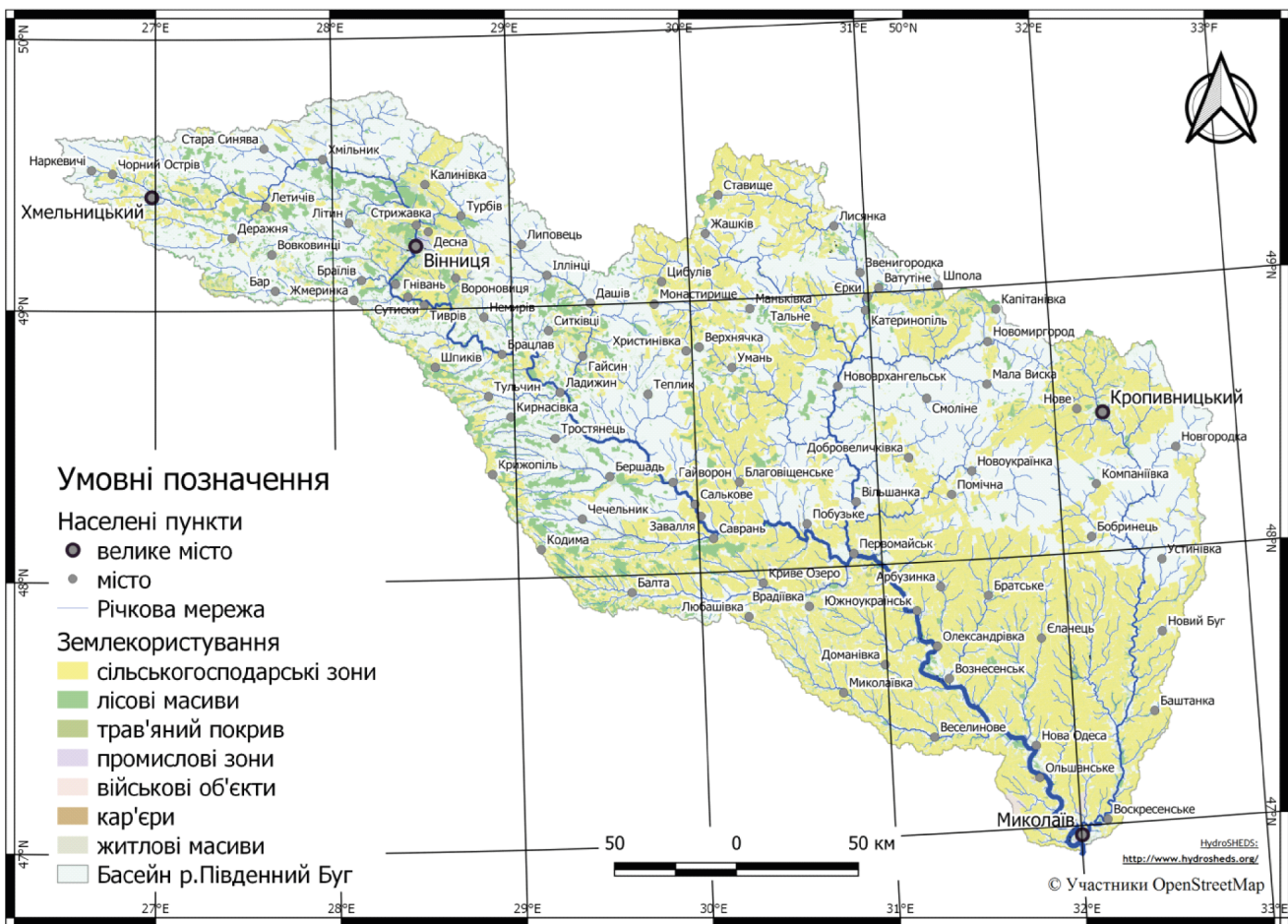


Рис. 5. Землекористування в басейні р. Південний Буг, 2018 (за даними OpenStreetMap).
 Fig. 5. Land use in the Southern Bug River basin (based on OpenStreetMap).

Згідно з логікою підходу DPSIR, існує прямий зв'язок між сучасним екологічним станом водних ресурсів та соціально-економічною ситуацією в межах басейну (рис. 6).

Результати дослідження свідчать про те, що сучасний стан водних ресурсів на окремих ділянках басейну р. Південний Буг є незадовільним. Крім природних причин погіршення стану водних ресурсів, на цей процес мають суттєвий вплив антропогенні навантаження: забруднення стічними водами комунальних підприємств та сільського господарства. Одним із чинників посилення навантаження на водні ресурси є також недосконалість інституційна основа управління (рис. 6).

Проблема погіршення якості водних ресурсів в басейні р. Південний Буг буде загострюватись в процесі кліматичних змін. Підвищення температури сприятиме евтрофікації водойм, зменшенню розчинності кисню у воді. Для забезпечення безпеки водних ресурсів потрібно врегулювати сільськогосподарську діяльність в межах басейну. Зважаючи на комплексний характер проблеми втрати якості поверхневих вод, одним із можливих рішень на наш погляд є розширення числа зацікавлених осіб до складу басейнової ради, наприклад, включити власників найбільших сільськогосподарських угідь. Аграрна діяльність

прямо залежить від кількості та якості водних ресурсів, тому ми пропонуємо спільне управління із зацікавленими водокористувачами.

Необхідні високоефективні технології очищення стічних вод, а також надійна оцінка якості води та забруднювальних речовин. Реконструкція очисних споруд у двох найбільших містах басейну (Вінниця та Хмельницький, з яких останній є пріоритетним). Скиди з цих міст, які також отримують промислові стічні води, є найбільшими забрудниками поверхневих вод у басейні.

Затвердження Цілей сталого розвитку ООН (*Tsili staloho rozvytku, 2017*), впровадження Водної Рамкової Директиви (ВРД) (*Vodna Ramkova Dyrektyva, 2006*) та Протоколу «Про воду і здоров'я» (*Protokol pro vodu ta zhorovia, 2009*) стимулюють зусилля держави щодо посилення національного законодавства у сфері збереження якості поверхневих вод, які раніше вважалися чистими. Дотримання цих міжнародних стандартів, поширення цілісних підходів до управління якістю води та впровадження більш чистих технологій водопідготовки – підтверджується стратегічною ціллю України, ЦСР 6.1. (*Tsili staloho rozvytku, 2017*), яка передбачає до 2030 року забезпечити загальний і рівноправний доступ до безпечної і недорогої питної води для всіх.



Рис. 6. Загальна система DPSIR для водних ресурсів басейну р. Південний Буг (проілюстрована авторами на основі Mattas, 2014).
Fig. 6. A generic DPSIR framework of water resources of the Southern Bug River basin (illustrated by the authors based on the framework of Mattas, 2014).

5. Висновки



1. Одержані кількісні характеристики стану якості природних вод в басейн р. Південний Буг за ІЗВ. Показано, що окремі водні масиви мають невідповідну якість для питного водоспоживання. В межах Миколаївської обл. (пункти спостереження на р. Інгул та в м. Миколаїв) та в пункті спостережень смт. Меджибіж якість вод віднесена до V класу (брудна); в пункті с. Копистин, далі за течією від м. Хмельницький вода віднесена до VI класу (дуже брудна). Крім того, майже в усіх пунктах спостереження фіксувались перевищення ГДК сульфат-, хлорид-, амоній-іонів та БСК₅.

2. Значний вплив на хімічний склад вод басейну мають не очищенні скиди житлово-комунального, сільського господарств та стічні води промислових підприємств.

3. Проведені моніторингові дослідження вказують на те, що екологічний регрес водної системи зумовлений господарською діяльністю ряду підприємств: КП «Хмельницькводоканал», «Хмільникводоканал», «Калинівкводоканал» та ін. Антропогенний тиск на водну екосистему, порушив здатність річки до самовідновлення, як наслідок, жителі м. Вінниця, м. Хмільник, м. Калинівка підпадали під ризик доступу до безпечної води.

4. Для покращення якості поверхневих вод Південного Бугу, необхідно враховувати причинно-наслідковий підхід (DPSIR) та комплексно реагувати на проблему, залучаючи зацікавлених споживачів до вдосконалення моделі сталого управління водними ресурсами. Першочерговим завданням є розширення відповідальності найбільших забруднювачів вод та контроль за їх діяльністю з боку громадськості. Важливо вдосконалити фінансові механізми управління – застосовувати принцип «забруднювач платить».

ORCID iD

Maryna Shuliakova  <https://orcid.org/0000-0001-9469-5226>
Valeriy Mykhaylenko  <https://orcid.org/0000-0003-2961-8114>

Список посилань

- Afanasiev, S., Vasylichuk T., Lietytska, O., Bilous, O. (2012). *Otsinka ekolohichnoho stanu richky Pivdennyi Buh u vidpovidnosti do vymoh Vodnoi Ramkovoї Dyrektyvy YeS*. [Assessment of the ecological status of the Southern Bug River in accordance with the requirements of the EU Water Framework Directive]. Kyiv: Interservis Publ. (in Ukrainian). [Афанасьєв, С. О., Васильчук, Т. О., Летицька, О. М., Білоус, О. П. (2012). *Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС*. Київ : НВП«Інтерсервіс»].
- Afanasiev, S., Peters, A., Stashuk, V., Iarochevitch, O. (Eds.). (2014). *Plan upravlinnia richkovym baseinom*

- Pivdennoho Buhu: analiz stanu i pershocherhovi zakhody* [River Basin Management Plan for the Southern Bug: River Basin Analysis and Actions]. Kyiv: TOV «NVP «Interservis» (In Ukrainian). [Афанасьєв, С., Петерс, А., Сташука, В., Ярошевича, О. (2014). *План управління річковим басейном Південного Бугу: аналіз стану та першочергові заходи*. Київ : ТОВ «НВП «Інтерсервіс»].
- Caeiro, S., Mourra, S., Costa, M., Painho, M., Ramos, T. B., Sousa, S. (2004). Application of the DPSIR model to the Sado Estuary in a GIS context – Social and Economical Pressures. *Proceedings of 7th Conference on Geographic Information Science*, Crete, 391-402.
- Derzhavnyi monitorynh poverkhnevuykh vod. (2018). [State Monitoring of Surface Waters]. Available at: <https://data.gov.ua/dataset/ee2bc3b0-42d4-4f19-8d96-913cd9d1f02a> (In Ukrainian). [Державний моніторинг поверхневих вод. (2018)].
- DSanPiN 2.2.4-171-10, Annex 2 (2010). Derzhavni sanitarni pravyla i normy, Dodatok 2. [State Sanitary Norms And Rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption”] Available at: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE17747.html (In Ukrainian). [ДСанПіН 2.2.4-171-10, Додаток 2 (2010). *Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною*].
- Derzhavnyi vodnyi kadastr rozdil “vodokorystuvannia”. *Basein Pivdennoho Buhu* (2018). [State Water Cadastre section “water use”. Southern Bug River Basin]. Available at: https://www.davr.gov.ua/fls18/pivd_bug_2018.pdf (In Ukrainian). [Державний водний кадастр розділ “водокористування”. *Басейн Південного Бугу* (2018)].
- Doroshenko, A. (2017). Antropohennyi vplyv na richkovi baseiny Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: teoretyko-metodolohichni aspekty [Anthropogenic impact on the river basins of the Forest-Steppe Zone of Ukraine: theoretical and methodological aspects]. *Tavriiskyyi naukovyyi visnyk*, 97, 217-228 (In Ukrainian). [Дорошенко, А. В. (2017). Антропогенний вплив на річкові басейни Лівобережного Лісостепу України: теоретико-методологічні аспекти. *Таврійський науковий вісник*, 97, 217-228].
- EEA. The DPSIR framework used by the EEA. (2016). Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-059-6-sum/page002.html>
- EU Water Framework Directive 2000/60/EC. (2006). *Basic terms and their definitions: the official issue*. Kyiv, 240 (In Ukrainian). [Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. (2006). *Основні терміни та їх визначення: вид. офіційне*. Київ : Твій фо-рмат, 240].
- Kagalou, I., Leonardos, I., Anastasiadou, C., Neofytou, C. (2012). The DPSIR Approach for Integrated River Management Framework. A Preliminary Application on a Mediterranean Site (Kalamas River -NW Greece). *Water resources management*, 26(6), 1677-1692.
- Khilchevskyyi, V. (Eds.). (2009). *Vodni resursy ta yakist richkovykh vod baseinu Pivdennoho Buhu*. Kyiv: Nika Centr. [Хільчевський, В. К. (2009). *Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу*. Київ: Ніка Центр].
- Khilchevskyyi, V. (Eds.). (2015). *Osnovni zasady upravlinnia yakistiu vodnykh resursiv ta yikhnia okhorona navch. posibnyk* [Basic principles of quality management of water resources and their guard]. Kyiv: Kyivskyyi universytet. [Хільчевський, В. К. (2015). *Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона: навч. посібник*. Київ: ВПЦ “Київський університет”].

- Khilchevskiy, V., Hrebin, V. (2017). Hidrografichne ta vodohospodarske raionuvannya terytorii Ukrainy, zatverdzhene u 2016 rotsi – realizatsiia polozhen VRD YeS. [Hydrographic and hydroeconomic zoning of Ukraine's territory, approved in 2016 - implementation of the WFD provisions]. *Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia*, 41, 8-20. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2017_1_3 (In Ukrainian). [Хільчевський, В.К, Гребін, В.В. (2017). Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 році – реалізація положень ВРД ЄС. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 41, 8-20].
- Lehner, B., Verdin, K., Jarvis, A. (2008). New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Transactions*, 89 (10), 93-94.
- Mattas, C., Voudouris, K., Panagopoulos, A. (2014). Integrated Groundwater Resources Management Using the DPSIR Approach in a GIS Environment Context: A Case Study from the Gallikos River Basin, North Greece. *Water*, 6(4), 1043-1068. <https://doi.org/10.3390/w6041043>
- Ekologichni pokaznyky. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. (2017) [Environmental indicators. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine]. Available at: <https://menr.gov.ua/content/ekologichni-pokazniki.html> (In Ukrainian). [Екологічні показники. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2017)].
- Obodovskiy, O. Lukianets, O., Hrebin, V., Pochaievets, O. (2019). Serednii richnyi stik vody v mezhakh raioniv richkovykh basiniv Ukrainy [Average annual water flow within river basins in Ukraine]. *Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia*, 3 (54), 65-66 (In Ukrainian). [Ободовський, О.Г., Лук'янець, О.І., Гребін, В. В., Почаєвець, О. О. (2019). Середній річний стік води в межах районів річкових басейнів України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 3, 65-66].
- Open Street Map contributors (2018). Available at: <https://download.geofabrik.de/europe/ukraine.html>
- Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl 2.2.4-171-10 (DSanPiN 2.2.4-171-10) "Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu" [National Sanitary Rules and Norms 2.2.4-171-10 (NSRN 2.2.4-171-10) "Hygienic Requirements to Drinking Water Intended for Human Consumption"]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (In Ukrainian). [Про затвердження Державних санітарних норм та правил 2.2.4-171-10 (ДСанПіН 2.2.4-171-10) "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною"].
- Protokol pro vodu ta zdorovia (2003) [Protocol on Water and Health]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_030#Text (In Ukrainian). [Протокол про воду та здоров'я (2003)].
- Snizko, S. (2001). *Ocinka ta prohnozuvannja jakosti pryrodnykh vod* [Estimation and prediction of the quality of natural waters]. Kyiv: Nika Centr (In Ukrainian). [Сніжко, С. І. (2001). *Оцінка та прогнозування якості поверхневих вод*. Київ: Ніка Центр].
- Song, X. (2012). The DPSIR framework and a pressure-oriented water quality monitoring approach to ecological river restoration. *Water*, 4(3), 670-682. <https://doi.org/10.3390/w4030670>
- Tsili staloho rozvytku: Ukraina. Natsionalna dopovid (2017) [Sustainable Development Goals: Ukraine. National baseline report]. The Ministry for Development of Economy, Trade and Agriculture]. 176 (In Ukrainian). [Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь (2017)].
- Vyshnevskiy, V. I. (2000). *Richky i vodoimy Ukrainy. Stan i vykorystannia* [Rivers and reservoirs of Ukraine. Condition and use] Kyiv: Vinol (In Ukrainian). [Вишневський, В.І. (2000). *Річки і водойми України. Стан і використання*. Київ: Віпол].
- Wuijts, S., Driessen, P., Van Rijswijk, H. (2018). Towards More Effective Water Quality Governance: A Review of Social-Economic, Legal and Ecological Perspectives and Their Interactions. *Sustainability*, 10, 914. <https://doi.org/10.3390/su10040914>
- Zahvoyska, L. D., Pelyukh, O. R. (2016). DPSIR-model vzaïemodii sotsialnoi ta ekolohichnoi system: fenomen vsykhannia yalynovykh derevostaniv v Ukrainykykh Karpatakh [DPSIR-Model of interaction between social and ecological systems: phenomenon of spruce stands drying in Ukrainian Carpathians]. *Visnyk ONU imeni I. I. Mechnykova*, 8(50), 82-88 (In Ukrainian). [Загвойська, Л.Д., Пелюх, О.Р. (2016). DPSIR-модель взаємодії соціальної та екологічної систем: феномен всихання ялинових деревостанів в Українських Карпатах. *Вісник ОНУ ім. І.І. Мечникова*, 8 (50), 82-88].