

УДК 556.531

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ САРАТА ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Н. С. Лобода, А. М. Куза

Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна,
natalie.loboda@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0794-9951>

Актуальність роботи обумовлена необхідністю збереження водних ресурсів півдня України та досягнення їх доброго екологічного стану. Одеська область в умовах військових дій займає головне місце в забезпеченні країни сільськогосподарською продукцією, оскільки сільськогосподарські землі Миколаївської та Херсонської областей зазнали значних пошкоджень від військових дій. Зростає роль зрошування і необхідність відновлення та модернізації зрошувальних систем. Одним із резервуарів прісних вод Одеської області є водосховище Сасик (створене на базі лиману Сасик), яке утримує у собі прісну воду, що подається з Дунаю. Річки Когильник та Сарата впадають у північну частину водосховища і можуть погіршувати гідроекологічний стан цього водного об'єкту. Предметом дослідження є забруднення річок Північно-Західного Причорномор'я хімічними речовинами. Об'єктом дослідження є екологічний стан річки Сарата. Метою роботи є оцінка екологічного стану та екологічних ризиків забруднення річки Сарата хімічними речовинами. Оцінка якості води виконана на базі модифікації індексу забруднення води ІЗВ. Основними забруднювальними речовинами визнані біогенні речовини (азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний). Вміст хлоридів та сульфатів також значний. Оцінка ризиків забруднення біогенними речовинами виконана на основі розрахунків статистичної пробіт-функції. Вихідними матеріалами досліджень були дані гідрохімічних спостережень Державного агентства водних ресурсів України за період з 2007 р. по 2023 р., які проводилися у верхньому створі р. Сарата – с.Міняйлівка (94 км від гирла, біля границі з Молдовою) та у нижньому створі р. Сарата – с.Білолісся (14,3 км від гирла). Аналіз ймовірності перевищення ГДК рибогосподарського використання показав, що для нітрит-іонів та нітрат-іонів ця ймовірність більш висока у верхньому створі ніж у нижньому. За іншими показниками ймовірності перевищення ГДК забруднювальними речовинами або майже однакові, або дещо зростають у нижньому створі. Оцінка якості води за ІЗВ-модифікованим (розчинний кисень, БСК₅, азот амонійний, нітрит- та нітрат-іони, фосфати) показала, що якість води у річці Сарата відноситься переважно до класу “помірно забруднені” та “забруднені”. За показниками екологічного ризику ER встановлено, що переважає можливість існування «високого» ризику забруднення біогенними речовинами, ймовірність появи якого становить 52,9% для верхнього створу та 60% – для нижнього. “Високому” рівню забруднення клас IV (ER=0,60-0,79) відповідає «незадовільний» екологічний стан. Ймовірність досягнення класу «доброго» екологічного стану (клас II, ER=0,20-0,39) мала і у верхньому створі становить 17,6%, у нижньому – лише 6,67%. Таким чином, річка Сарата належить до таких річок, природні властивості яких значно змінені в результаті надходження до них стічних вод КП «Сарата Комунсервіс» в селище Сарата. Забруднені води непридатні для питного, господарсько-побутового та спортивного призначення, а також для рибництва. Води річки Сарата за своєю якістю негативно впливають на екологічний стан водосховища Сасик.

Ключові слова: річка Сарата; біогенні речовини; модифікований індекс забруднення води; екологічні ризики забруднення хімічними речовинами; пробіт-функція.

1 ВСТУП

З 21 грудня 2024 року Держводагенством України розпочато процес громадського обговорення проектів планів управління річковими басейнами України на 2025-2030 рр.[1]. У басейні річок Причорномор'я на теперішній час виділено 231 масивів

поверхневих вод (МПВ), з них до категорії “істотно змінений МПВ” віднесено 70 об'єктів (30%). 197 МПВ знаходиться у межах Одеської області. За даними попередніх досліджень встановлено, що під ризиком недосягнення доброго екологічного стану знаходиться 50% МПВ. Стратегічною екологічною ціллю для всіх районів річкових басейнів є досягнення або

підтримання “доброго” екологічного стану масивів поверхневих та підземних вод, а також “доброго” екологічного потенціалу штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод [2].

Метою роботи є визначення якості вод річки Сарата і установлення ризику формування високого та критичного рівня забруднення вод річки хімічними речовинами.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю оцінки ризиків досягнення або недосягнення доброго екологічного стану на основі матеріалів гідрохімічних спостережень однієї з річок Північно-Західного Причорномор'я, а саме річки Сарата.

Об'єктом досліджень є оцінка екологічного стану річок України та установлення екологічних ризиків їх забруднення до певного рівня.

Предметом досліджень є оцінка гідроекологічного стану річки та екологічних ризиків досягнення певного ступеня забруднення р. Сарата Одеської області.

Опис водного об'єкту. Річка Сарата належить до межиріччя річок Дунай і Дністер, бере початок на Молдавській височині, тече по Причорноморській низовині, впадає в лиман Сасик (Кундук). Басейн річки Сарата є транскордонним і знаходиться як на території Молдови, так і України. За гідрологічним районуванням річка розташована в зоні недостатньої водності [3], за ландшафтно-гідрологічним районуванням – в степовій посушливій зоні [4]. Річка Сарата має довжину долини 119 км, похил 1м/км, площу водозбору 1250 км² [5]. Основні притоки: Кіпчак, Бабей, Джалаїр, Курудер [6]. Ширина річки змінюється за течією, в середньому складає 5-10 м, ширина річкової долини 2-3 км, правий берег більш високий, вкритий балками та ярами. Ширина заплави до 500 м. Річище звивисте, частково випрямлене, зарегульоване ставками [7]. На території водозбору переважають чорноземи звичайні мало гумусні міцелярно-карбонатні, присутні лучно-чорноземні ґрунти з солончакками та слабко лужні ґрунти [8].

Велике антропогенне навантаження на стік річки Сарата чинять кліматичні зміни та зарегульованість, які призводять до зменшення річного стоку річки і збільшення періодів пересихання русла річки на окремих ділянках. Ситуація дещо змінилася у 2019 році, після знесення застарілих гребель, що допоможе у майбутньому покращити водну екосистему річки та її приток [9]. У 2021 р. через прорани в греблях вода почала надходити по руслам річок,

що сприяло відновленню десятків гектар водно-болотних угідь, утворенню луків в дельті річки і поверненню рідкісних птахів (червонокнижних куликів-довгоногів, чоботарів) [10].

Середня глибина води у річці змінюється від 0,03 м до 2,79 м, при водопіллі зростає до 3,46 м. Середня швидкість потоку складає 0,25 м/с, максимальні швидкості потоку досягають 1,29 м/с [11]. Річка Сарата має природну підвищену мінералізацію, що пояснюється ґрунтовою будовою басейну, яка включає до себе соленосні глини неогенового періоду. В періоди межени на узбережжі річки утворюються солончаки. Мінералізація води річки Сарата може перевищувати 9000 мг/дм³ [12]. Коливання мінералізації вод річки за останні 30 років знаходилось у межах від 643 до 9758 мг/дм³, а концентрація токсичних іонів натрію, магнію, хлору та сульфату досягала критичних відміток [13]. Згідно з даними роботи [14] мінералізація підземних вод дорівнює 5500-6800 мг/дм³, для ґрунтових вод досягає 50000 мг/дм³. Підземні води четвертинних відкладень відносяться до хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієвих [15].

Основним водокористувачем є КП «Сарата Комунсервіс» в селищі Сарата [1].

Огляд літератури. Середній багаторічний природний (непорушений водогосподарською діяльністю) стік води річки Сарата становив до 1989 року 9,78 млн.м³, а після 1989 року (до 2018 року включно) – 8,40 млн.м³ [16].

У 1980-ті роки минулого сторіччя перетворений водогосподарською діяльністю стік річки Сарата значно перевищував природний за рахунок зворотних вод Дунай-Дністровської зрошувальної системи [17]. У сучасний період зрошування сільськогосподарських масивів у межах водозбору Сарата дунайськими водами практично не відбувається. За даними Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю на водозборі р. Сарата повний об'єм штучних водойм дорівнює 3,89 млн.м³, відносна площа водної поверхні становить 0,33 % від загальної площі водозбору. За даними кліматичного сценарію RCP8.5 у період 2021-2050pp. очікується зменшення середнього багаторічного річного стоку річки Сарата у порівнянні із базовим стоком на 47% [18].

Водозбір річки Сарата19 використовується під сільськогосподарські угіддя. Інтенсивне зростання насаджень пов'язане із збільшенням кількості мінеральних добрив, перш за все це

сполуки азоту. За рахунок внесення добрив та обробки ґрунту формується 78% загального стоку азоту. З поверхні сільськогосподарських угідь домінуюча частина азоту, що становить 82%, надходить у формі нітратних сполук [19]. Джерелом потрапляння у річку Сарата органічних сполук є відходи населених пунктів (переважно села і селища), які не мають централізованої каналізації [19].

За даними [19] у 2019-2021 роках в річку Сарата відбувалося надходження 0,048 млн.м³ забруднених і недостатньо-очищених вод від КП «Сарата Комунсервіс». На території басейну річки Сарата (Саратський район) знаходиться товариство «ІНТЕР-НАФТА» [10], що може опосередковано впливати на екологічний стан річки Сарата.

В Плані управління річковими басейнами (ПУРБ) річок Причорномор'я [20] екологічний стан річки Сарата вище створу Міняйлівка оцінений як «задовільний». За даними на 2020 рік річка знаходиться під ризиком недосягнення доброго екологічного стану. На 2025-2030 рр. запланована ревіталізація річки. За цих обставин установлення ризиків певного ступеня забруднення річок відіграє важливу роль.

Екологічний ризик – це ймовірність появи небезпечних явищ, або створення несприятливих умов, які загрожують стану біоти, в тому числі здоров'ю та життю людини [21]. Оцінка екологічного ризику це процес збору, систематизації, аналізу та представлення наукової інформації для покращення прийняття рішень в сфері управління водними ресурсами [22]. Насамперед, екологічні ризики визначалися для мікроорганізмів, на основі біологічних даних [23]. Оцінка впливу екологічних ризиків на організми, їх популяцію, особливості розвитку має назву біоіндикація [24]. Біологічний підхід передбачає спеціальні, доволі складні, дослідження і збір даних моніторингу (наприклад, відстеження кількості накопичених важких металів в організмах або контроль ареалу розповсюдження отруєних організмів у водному об'єкті). Для річок України такі дані обмежені. Щоб розширити можливості методу екологічних ризиків, Директивою 2000/60/ЄС було запропоновано включати до розрахунків ті пріоритетні речовини, які можуть бути надані офіційними особами за даними моніторингу та статистичної звітності [25].

Найчастіше до оцінки ризиків застосовуються ймовірнісні моделі. Зокрема, використовується метод зважування забруднення по ймовірності його виникнення.

З урахуванням ймовірності настання ризикової події розрахункова формула для показника ризику R набуває вигляду [26]

$$R' = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{ГДК_i}} \frac{N_{ai}}{N_i} > 1, \quad (1)$$

де C_i – концентрація i -тої забруднювальної речовини; $C_{ГДК_i}$ – гранично допустима концентрація i -тої забруднювальної речовини; N_{ai} – кількість проб з хімічним показником, коли ГДК було перевищено; N_i – загальне число відібраних проб.

Цей підхід був успішно застосований для визначення ризику забруднення річок хімічними речовинами.

У роботі [27] запропонований ймовірнісний підхід у вигляді (1) до оцінки ризику забруднення сполуками азоту на основі застосування показника вразливості річки до цього виду забруднення [28]. Результати досліджень показали, що існує ймовірність забруднення річки Сарата сполуками азоту в окремі роки для створу р.Сарата-с.Міняйлівка. Показник чутливості до нітрогену kn становив 3,73 (при максимальному значенні 11,79 і мінімальному 0,06), мгN/дм³. Порогове значення становить 11,3 мгN/дм³. Установлено, що є ризик забруднення в окремі роки. Ймовірнісний підхід у вигляді середньозваженого за ймовірністю ризику був використаний до оцінки ризиків забруднення поверхневих вод важкими металами та біогенними речовинами [29], [30]. Недоліком представленого ймовірнісного підходу є те, що для практичного використання треба створювати шкалу узгодження якості води та отриманих показників ризиків для окремих річок, або для регіону в цілому.

Одним із ймовірнісних підходів до оцінок екологічних ризиків забруднення хімічними речовинами є модель, побудована на використанні пробіт-функції, пов'язаної з нормальним законом розподілу [31]. У розрахунок ризику за цією функцією можуть бути включені усі показники вмісту хімічних речовин у воді, які перевищують нормативи. Даний метод визначення ризику забруднення поверхневих вод був застосований у роботах [32], [33], [34], [35].

Перевагою цього підходу є універсальні шкали екологічних ризиків, на основі яких виконується узгодження між показниками ризику та характеристиками якості та надається висновок про екологічний стан поверхневих вод [35].

В цій роботі для річки Сарата використаний метод, який застосований на оцінці ризику забруднення води біогенними речовинами.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У роботі використані дані спостережень Державного агентства водних ресурсів України [36] по верхньому створу (ВС) р. Сарата – с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою (94 км від гирла), по нижньому створу (НС) р. Сарата – с. Білолісся, біля мосту Одеса-Ізмаїл (14,3 км від гирла) (рис. 1). Довжина ряду спостережень по ВС складає 17 років (2007 р. – 2023 р.), по НС – 25 років (1995 р. – 2019 р.). У проведеному дослідженні розглядався період сумісних спостережень за 2007 р. по 2023 р., коли були наявні дані спостережень за наступними елементами: біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК₅), завислі речовини, розчинений кисень, сульфати, хлориди, фосфати, азот амонійний, азот нітратний, азот нітритний. У цілому для верхнього створу налічується 64 проби, а для нижнього – 46 проб.

У роботі був застосований метод оцінки якості води за модифікованим індексом забруднення води ІЗВ [37]. Оцінка екологічних ризиків ймовірності виникнення забруднення води різного ступеня надавалась на основі

пробіт-функції [31].

При розрахунках стандартного ІЗВ беруться шість основних гідрохімічних елементів (азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень (O₂), БСК₅) [38]. Розрахункова формула має вигляд

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (2)$$

де C_i – концентрація гідрохімічних показників; $ГДК_i$ – норматив вмісту показника у воді; n – кількість показників [39].

Якщо існує значне перевищення нормативів ГДК нестандартними елементами, тоді розраховується модифікований ІЗВ, але незмінними повинні залишатися показники БСК₅ та O₂.

За методикою розрахунків ІЗВ модифікованого було оцінено якість вод річки Сарата. Оскільки забруднення біогенними речовинами є актуальним для цієї річки, то основними елементами, що увійшли до розрахунку ІЗВ були: розчинений кисень, БСК₅, вміст азоту амонійного, нітритів, нітратів, фосфору.

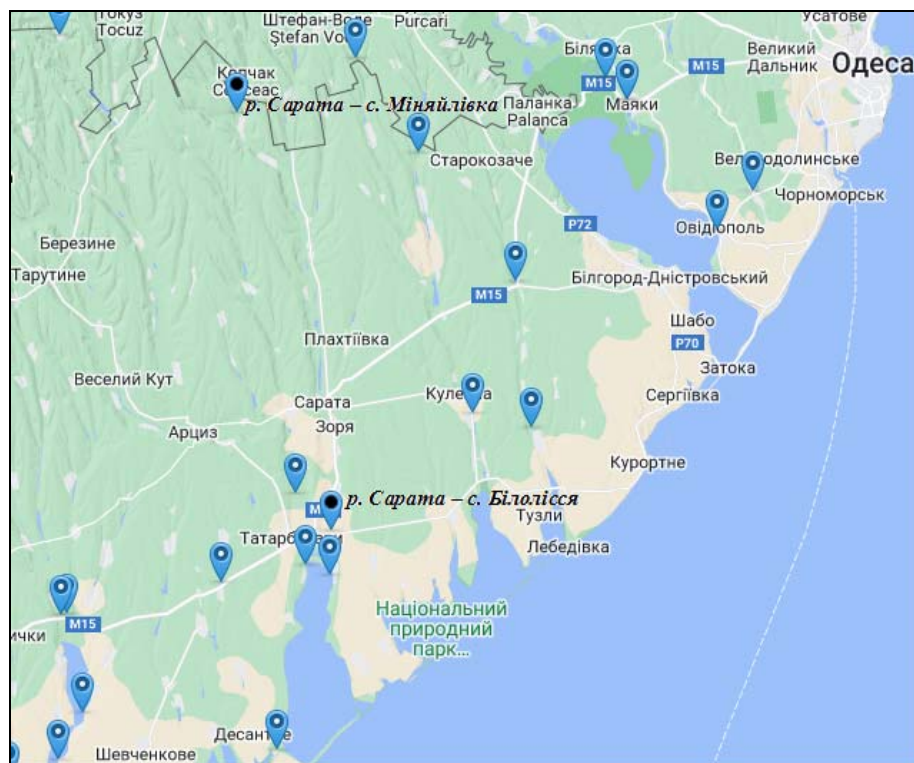


Рис. 1 - Пункти моніторингу за даними Державного агентства водних ресурсів України [36]
Fig. 1 – Monitoring points according to the State Agency of Water Resources of Ukraine

За результатом обчислень ІЗВ установлюються певні класи якості (табл. 1). Згідно класифікації за значенням ІЗВ, I клас (дуже чисті води) відповідає мінімальному антропогенному навантаженню, II клас (чисті води) означає існування незначних порушень природного стану, III клас (помірно забруднені) вказує на антропогенне навантаження, що не порушує стійкості водної екосистеми, IV-VII класи визначають існування значного антропогенного навантаження, яке є критичним для екологічної системи водного об'єкту і викликає «екологічний регрес».

Ризик порушення благополуччя водної екосистеми був оцінений шляхом визначення пробіт-функції за таким рівнянням

$$P_{rob} = -2,3 + 2,2 \lg \sum \frac{C_i}{C_{ENi}}, \quad (3)$$

де P_{rob} – пробіт-функція, пов'язана з ймовірністю (ризиком) відповідно до закону нормального ймовірнісного розподілу [31]; C_i – концентрація i -ї речовини у водоймі, мг/дм³;

C_{ENi} – екологічний норматив i -ої речовини у водоймі, мг/дм³ (ГДК).

Після визначення показника P_{rob} , дається характеристика погіршення стану водних об'єктів за допомогою ранжованої шкали екологічних ризиків ER [35]. Класифікація водних об'єктів по значенню екологічних ризиків ER визначає їх придатність до використання різними типами користувачів (табл. 2) [35].

Трофічність характеризує водний об'єкт за його біологічною продуктивністю, яка залежить від вмісту біогенних речовин [40]. Первинна продукція являє собою приріст органічної речовини за рахунок діяльності автотрофних організмів (зелені рослини, ціанобактерії та інші) [41]. За кількістю утворення первинної продукції та вмістом поживних елементів водні об'єкти мають певну класифікацію [42]. Оліготрофні водні об'єкти характеризуються незначним вмістом біогенних елементів та невисоким рівнем первинної продукції, як правило, насичені киснем, є джерелами чистої води. Мезотрофні – водні об'єкти із середнім

Таблиця 1 – Класи якості вод в залежності від значення індексу забруднення води [38]

Table 1 - Water quality classes depending on the value of the water pollution index

Опис якості води	Значення ІЗВ	Класи якості вод
Дуже чисті	до 0,20	I
Чисті	0,21-1,00	II
Помірно забруднені	1,10-2,00	III
Забруднені	2,01-4,00	IV
Брудні	4,01-6,00	V
Дуже брудні	6,01-10,0	VI
Надзвичайно брудні	>10,0	VII

Таблиця 2 – Оцінка ступеня екологічного ризику за показником ER

Table 2 - Assessment of the degree of environmental risk according to the ER indicator

Клас якості води	ER	Якісна оцінка екологічного ризику	Трофічність водного об'єкту
I відмінний	0,01-0,19	Незначний ризик	Оліготрофний
II добрий	0,20-0,39	Підвищений ризик	Мезотрофний
III задовільний	0,40-0,59	Значний ризик	Евтрофний
IV незадовільний	0,60-0,79	Високий ризик	Політрофний
V поганий	0,80-1,00	Критичний ризик	Гіпертрофний

рівнем первинної продукції, помірним вмістом мінеральних елементів. Евтрофні – водойми з високим рівнем первинної продукції, багаті на біогенні елементи, якість води погіршується через цвітіння води. Політрофні водойми характеризуються великим надлишком поживних речовин. Гіпертрофні водойми мають надзвичайно високий рівень первинної продукції, з критично низьким вмістом розчиненого кисню, екологічна система таких об'єктів деградує [42]. Окрім природної евтрофікації у водних об'єктах формується «культурна» евтрофікація, яка обумовлена господарською діяльністю людини (скид промислових і побутових вод, застосування мінеральних добрив та пестицидів). Надлишкове надходження органічних сполук зумовлює цвітіння ціанобактерій та водоростей, згодом може спричинити токсифікацію водойми та загибель водних тварин.

Метод пробіт-функції може бути

використаний для визначення рівня ризику ("незначного" або "критичного") забруднення водного об'єкту хімічними речовинами, а також для індикації впливу на навколишнє середовище підвищеного вмісту поживних речовин у вигляді трофічних рівнів.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За даними моніторингу Державного агентства водних ресурсів України у період спостережень з 2007 по 2023 роки на р. Сарата, спостерігалось перевищення ГДК згідно з рибогосподарськими вимогами за наступними показниками: БСК₅, амоній-іони, нітрат-іони, нітрит-іони, сульфати, хлориди (рис.1-6). За досліджуваний період не було виявлено перевищення допустимих концентрацій фосфатами(рис.7).

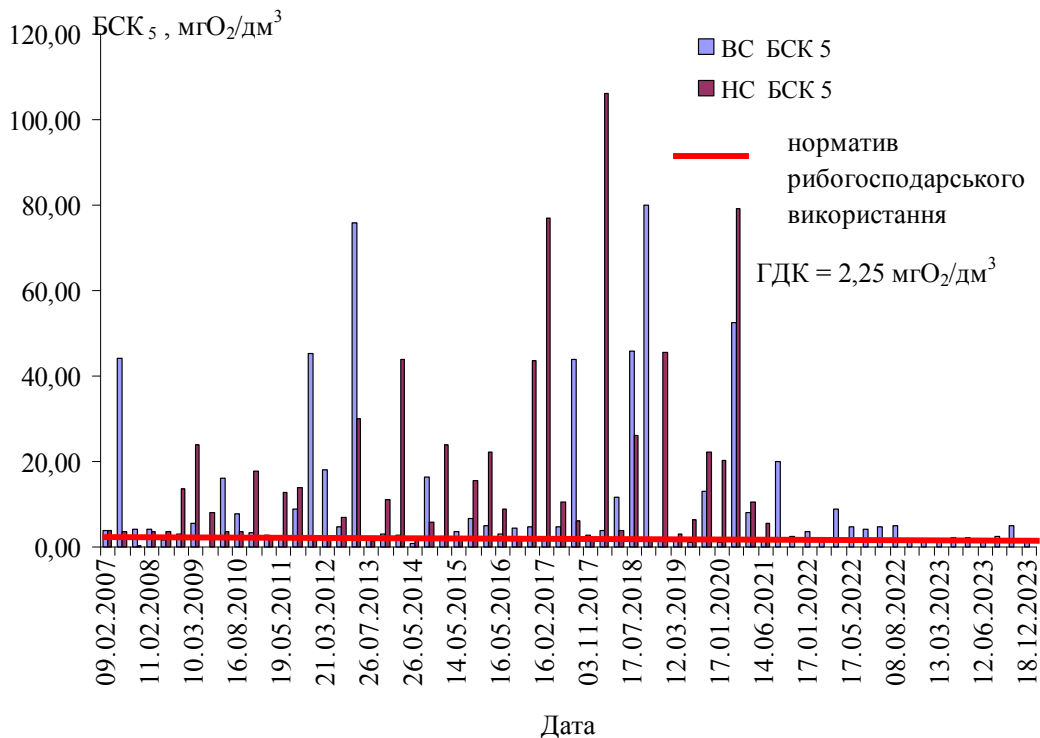


Рис. 1 – Хронологічний хід концентрацій за показником БСК₅ та ГДК (рибогосподарські вимоги), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісія,

Fig. 1 – Chronological course of concentrations according to the biochemical oxygen consumption BOC 5 indicator and the limit permissible concentrations LPC (fishery requirements); BC - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; HC - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

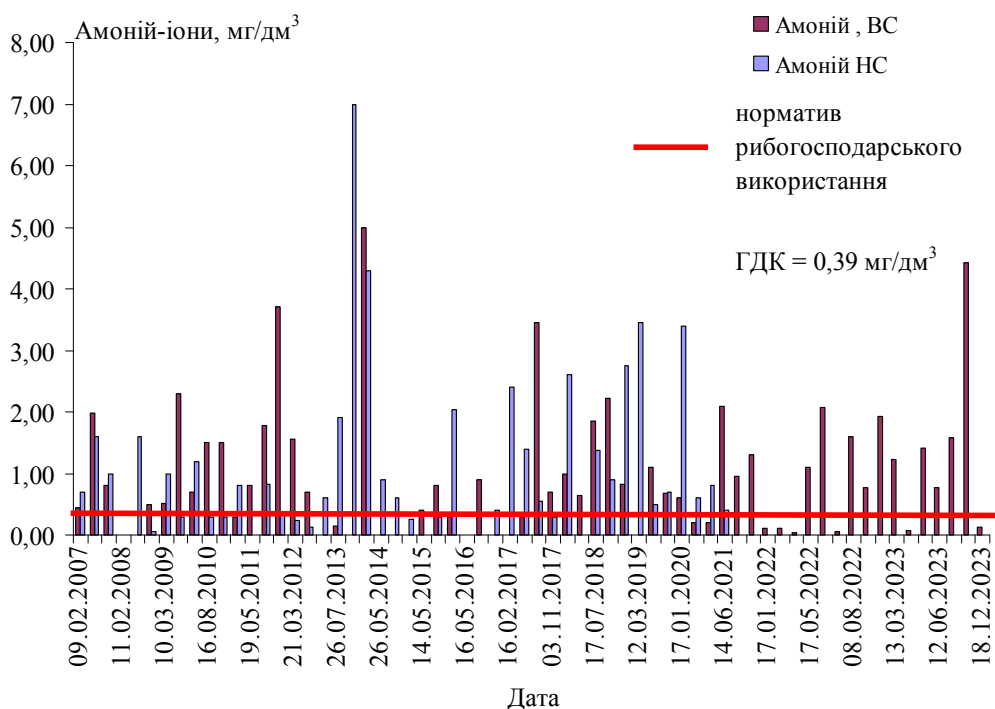


Рис. 2 – Хронологічний хід концентрацій амоній-іонів та ГДК (рибогосподарські вимоги), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся

Fig. 2 – Chronological course of concentrations according to the indicator of ammonium ions and the limit permissible concentrations LPC (fishery requirements); ВС - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; НС - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

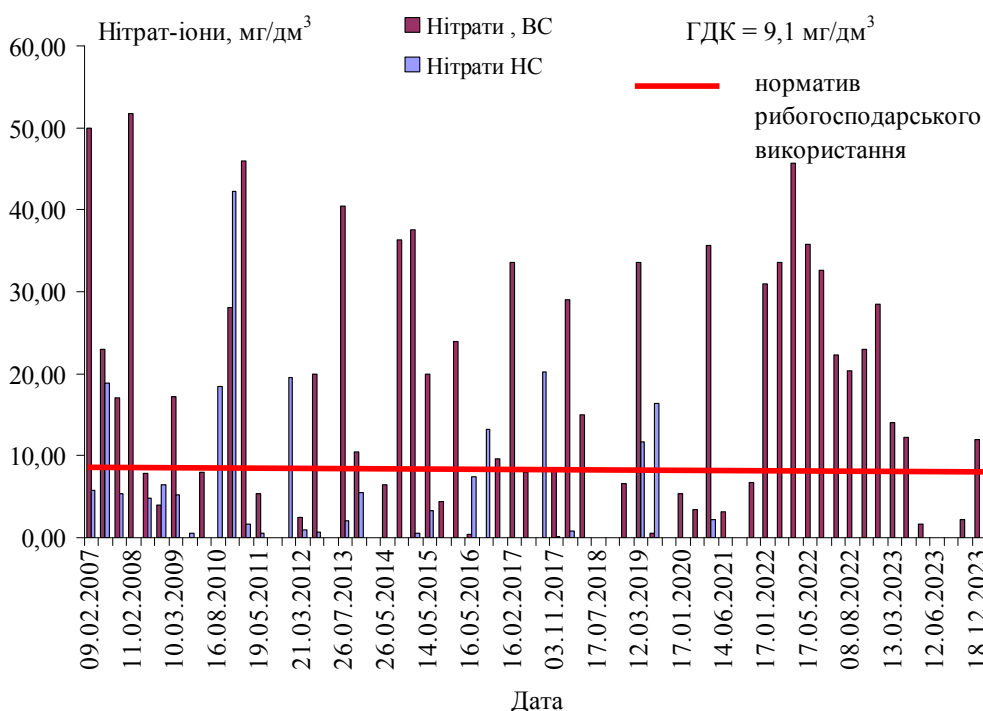


Рис. 3 – Хронологічний хід концентрацій нітрат-іонів та ГДК (рибогосподарські вимоги), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся

Fig. 3 – Chronological course of concentrations according to the indicator of nitrate ions and the limit permissible concentrations LPC (fishery requirements); ВС - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; НС - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

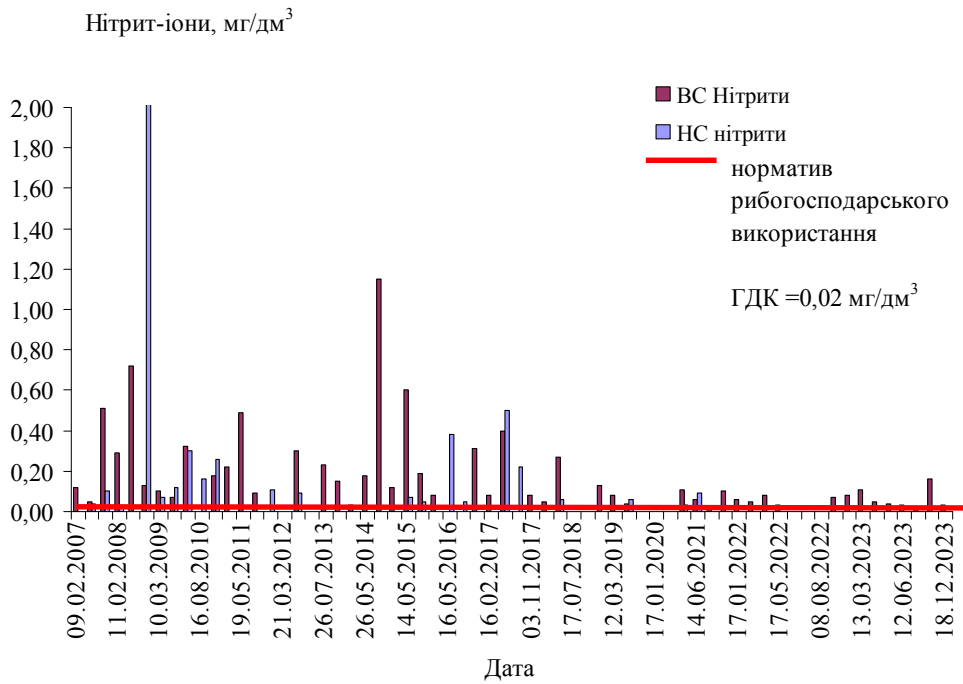


Рис. 4 – Хронологічний хід концентрацій нітрит-іонів та ГДК (рибогосподарські вимоги), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісія

Fig. 4 – Chronological course of concentrations according to the indicator of nitrite ions and the limit permissible concentrations LPC (fishery requirements); BC - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; HC - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

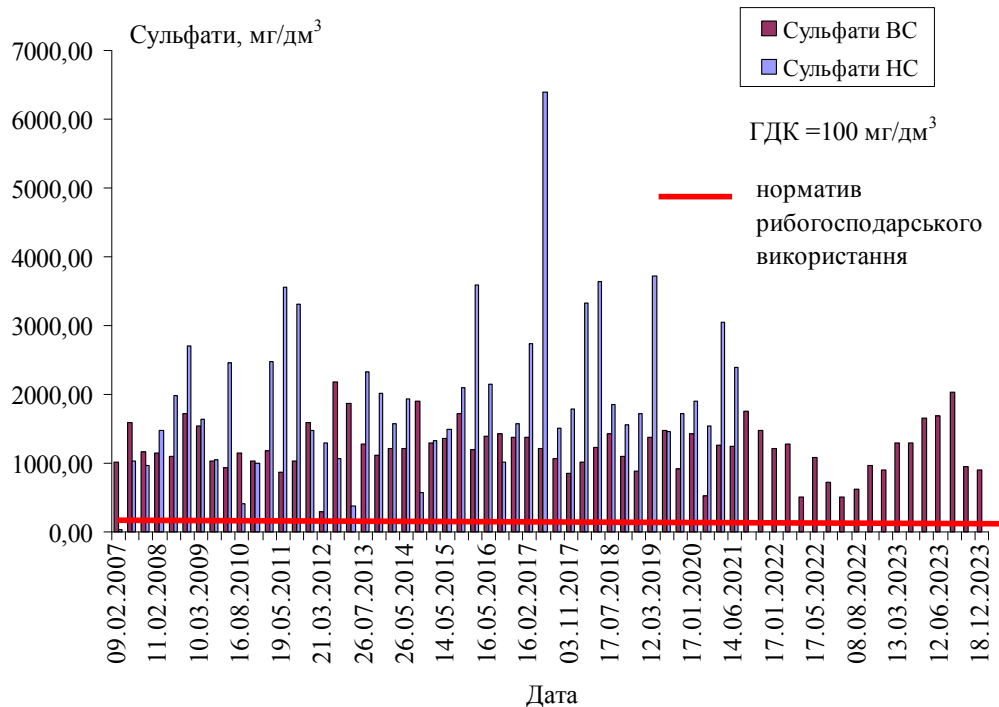


Рис. 5 – Хронологічний хід концентрацій сульфатів та ГДК (рибогосподарські вимоги), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісія

Fig. 5 – Chronological course of concentrations according to the indicator of sulfates and the limit permissible concentrations LPC (fishery requirements); BC - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; HC - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

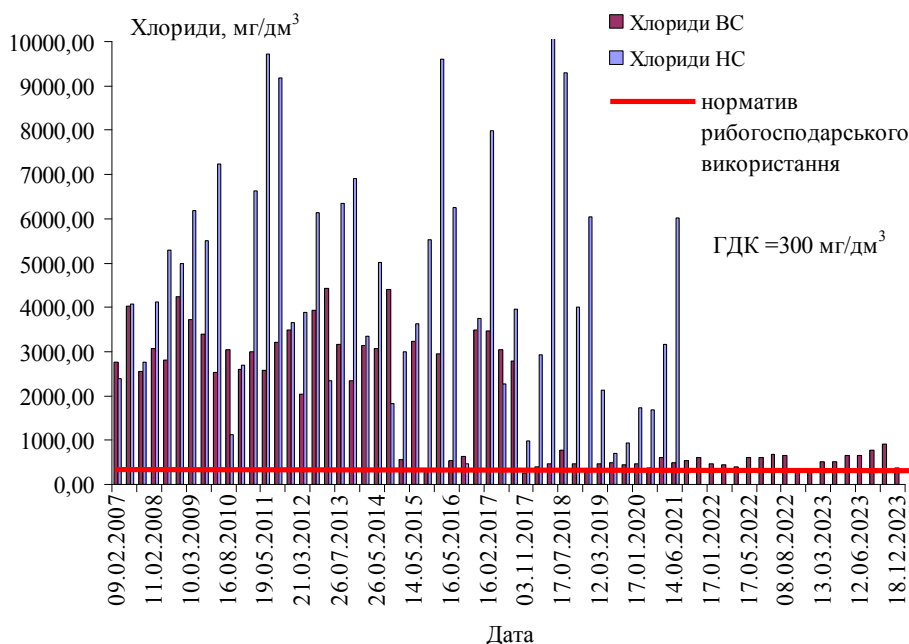


Рис. 6 – Хронологічний хід концентрацій хлоридів та ГДК (рибогосподарські вимоги), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся

Fig. 6 – Chronological course of concentrations according to the indicator of chloride and the limit permissible concentrations LPC (fishery requirements); BC - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; HC - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

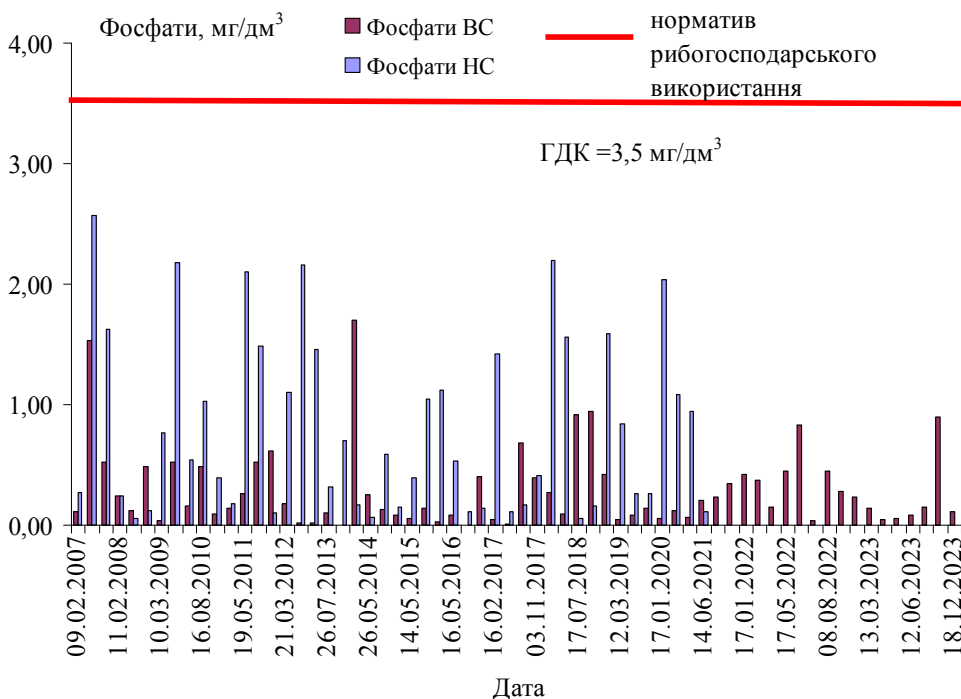


Рис. 7 – Хронологічний хід концентрацій фосфатів та ГДК (рибогосподарські вимоги), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся

Fig. 7 – Chronological course of concentrations according to the indicator of phosphates and the limit permissible concentrations LPC (fishery requirements); BC - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; HC - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

Концентрації нітрат-іонів та нітрит-іонів приймають максимальні значення у верхньому створі, біля кордону з Молдовою. Концентрації хлоридів, сульфатів та фосфору зростають за течією і досягають максимуму у нижньому створі. За даними моніторингу по річці Сарата установлена емпірична ймовірність перевищення ГДК рибогосподарського використання (табл.3). Суттєво розрізняється ймовірність перевищення ГДК у верхньому та нижньому створах для нітрат- і нітрит-іонів, що свідчить про надходження основної частини біогенних речовин з верхньої частини водозбору.

Було проаналізовано хронологічний хід середніх річних концентрацій головних іонів у водах річки Сарата (рис. 8, 9). Як видно з графіків, мінералізація вод у нижньому створі перевищує відповідні значення у верхньому створі. У коливаннях мінералізації у нижньому створі особливо виділяється 2014 рік, коли більшість елементів набули максимального

значення (рис. 9): іони кальцію – 1200 мг/дм³, іони магнію – 1203 мг/дм³, іони натрію – 5423 мг/дм³. Якщо розглядати дані 2014 року як “статистичний викид” [43], то для статистично однорідної вибірки середнє значення вмісту іонів кальцію становить 326 мг/дм³, іонів магнію – 297 мг/дм³, натрію – 1430 мг/дм³.

Таким чином, води річки Сарата є непридатними для іригації, оскільки їх мінералізація перевищує 1000мг/дм³ і може призвести до засолення ґрунту [38].

Оцінка якості вод річки Сарата за вмістом біогенних речовин була виконана за індексом забруднення води ІЗВ модифікованим (кисень, БСК₅, амоній, нітрити, нітрати, фосфати). На графіках хронологічного ходу значень модифікованих ІЗВ (рис.10-11) простежується високий рівень забруднення по обох створах, максимальне забруднення згідно ІЗВ спостерігалось у 2008-2009 роках. Також існує тенденція до зниження значень ІЗВ, а отже, покращення якості води, в останні роки.

Таблиця 3 – Емпірична ймовірність перевищення ГДК рибогосподарського використання вмістом хімічних елементів, що знаходяться у водах річки Сарата

Table 3 – The empirical probability of exceeding the limit permissible concentrations LPC fishery requirements by the content of chemical elements in the waters of the Sarata River

Створи	Ймовірність перевищення ГДК для різних хімічних елементів, %								
	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм ³	O ₂ , мгО ₂ /дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	NO ₂ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³
Верхній ствір р. Сарата - с. Мінняйлівка	62,5	70,3	82,8	32,8	48,4	73,4	100	0	96,9
Нижній ствір р. Сарата - с. Білолісся	60,9	80,4	95,7	78,3	17,4	43,5	97,8	0	100

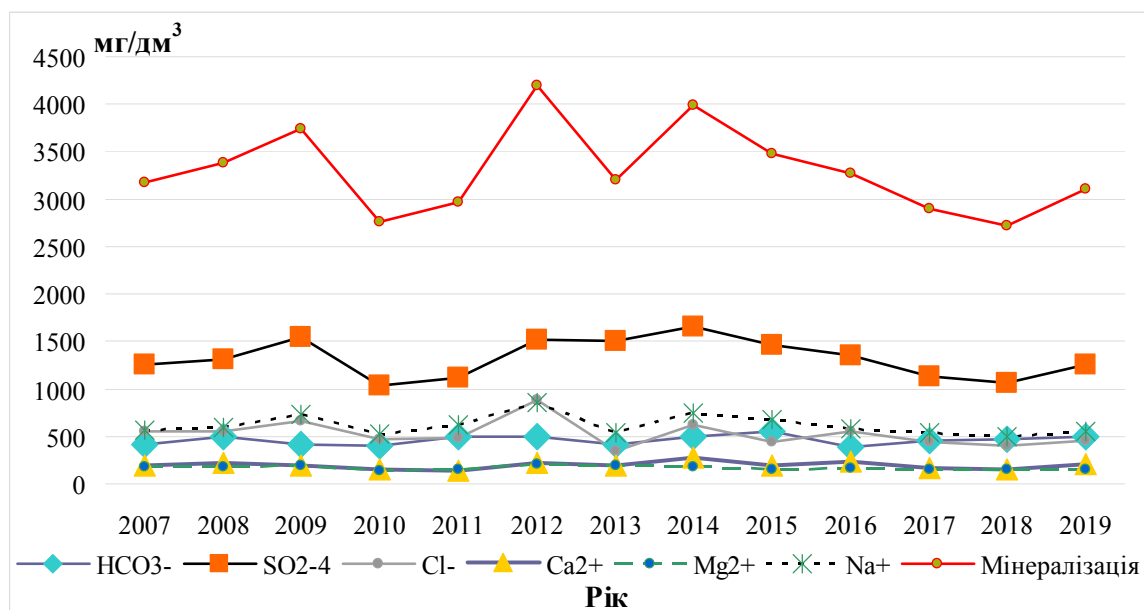


Рис. 8 – Вміст головних іонів у водах річки Сарата – с. Мініайлівка
 Fig. 8 – Content of of major ions in the waters of the Sarata River, village. Miniailivka

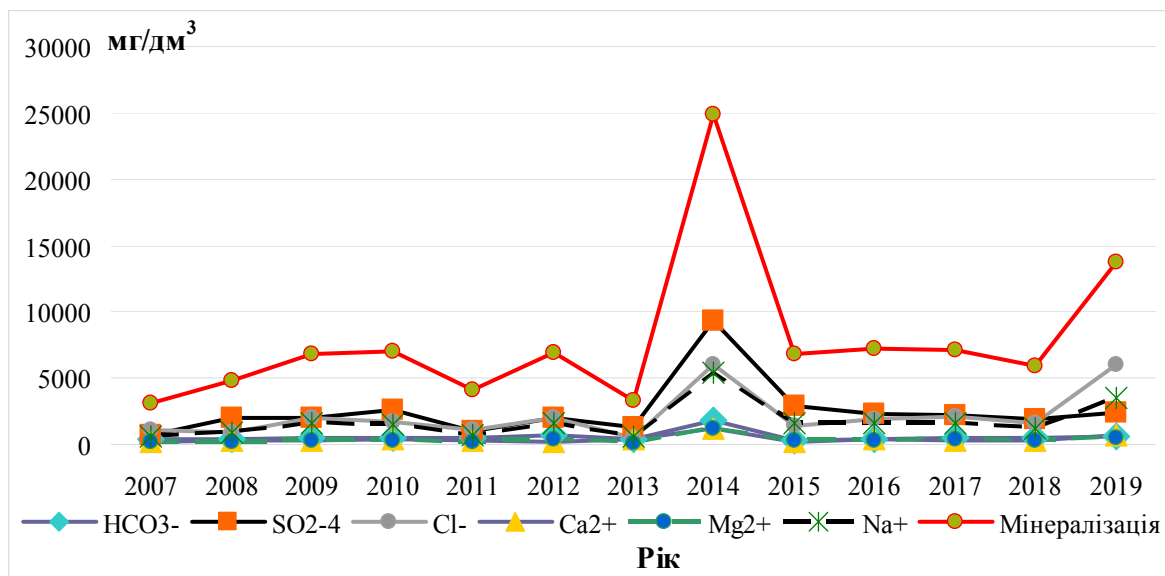


Рис. 9 – Вміст головних іонів у водах річки Сарата – с. Білоліссія
 Fig. 9 – Content of of major ions in the waters of the Sarata River, village Bilolissia

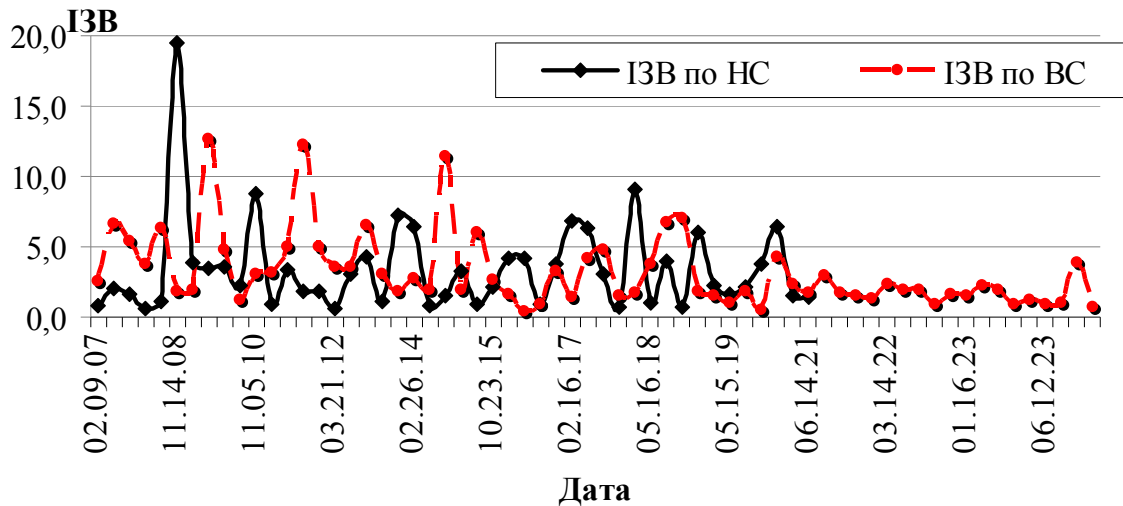


Рис. 10 – Зміна якості води у річці Сарата, оцінена за ІЗВ модифікованим (у окремі дати забору проб), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Мінйайлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся

Fig. 10 – Change in water quality in the Sarata River according to the modified IWP method (on separate dates of sampling), BC - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; HC - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

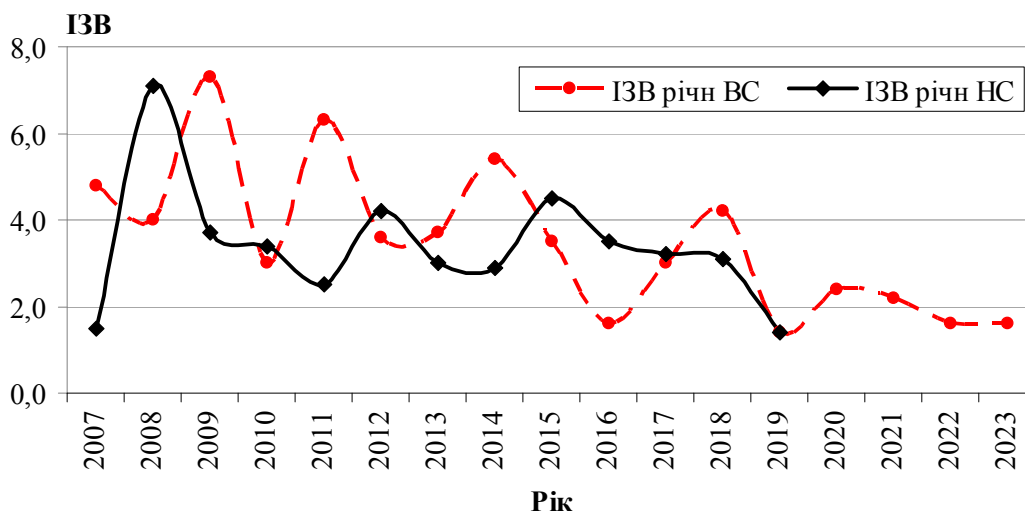


Рис. 11 – Зміна якості води у річці Сарата за ІЗВ модифікованим (осереднені за рік дані), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Мінйайлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся

Fig. 11 – Change in water quality in the Sarata River according to the modified IWP method (annual average), BC - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; HC - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

Результати аналізу за забрудненням біогенними речовинами показали (табл. 4), що у верхньому створі найбільш ймовірна поява “помірно забруднених” вод, клас III (емпірична ймовірність $p=37,5\%$). У нижньому створі найбільш ймовірна поява “забруднених” вод, клас IV ($p=32,6\%$).

Ймовірність попадання у класи з IV по VII (води з порушеними екологічними параметрами) для верхнього та нижнього створів майже однакова: для верхнього створу вона дорівнює 50 %, а для нижнього – 58,7 % (рис. 12).

Таблиця 4 – Емпірична ймовірність появи різних класів якості води у р. Сарата за значеннями ІЗВ

Table 4 – Empirical probability of occurrence of different classes of water quality in the Sarata River

Клас якості за ІЗВ	I дуже чисті	II чисті	III помірно забруднені	IV забруднені	V брудні	VI дуже брудні	VII надзвичайно брудні
Верхній ствір р. Сарата							
Загальна кількість випадків (всього 64 проб)	0	8	24	16	8	5	3
Емпірична частота події, %	0	12,5	37,5	25	12,5	7,81	4,69
Нижній ствір р. Сарата							
Загальна кількість випадків (всього 46 проб)	0	10	9	15	4	7	1
Емпірична частота події, %	0	21,7	19,6	32,6	8,70	15,2	2,17

Епізодичне підняття рівня забруднення у річці Сарата може бути пов'язано не лише із господарчою діяльністю на території басейну, а й з зростанням посушливості (через зменшення водності погіршується стан водної екосистеми).

Екологічні ризики забруднення біогенними речовинами води річки Сарата були оцінені на основі пробіт-функції середніх річних значень концентрацій для наступних елементів: БСК₅, кисень розчинний, амоній-іони, нітрат-іони, нітрит-іони, фосфати). Результати (табл. 5) показали, що ймовірність появи класу якості води «добрий» у верхньому створі становить 17,6%, у нижньому – лише 6,67%.

У верхньому створі (с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою) ризик забруднення біогенними речовинами річки Сарата досягав рівнів “значний”, “високий” та “критичний” (один випадок у 2009 році). Ймовірність появи ризику високого рівня становить 52,9 %, а значного – 23,5 %, що в сумі становить 76,4 %. У нижньому створі (с. Білолісся) ймовірність ризику забруднення високого рівня дорівнює 60 %, значного – 20 %, критичний ризик забруднення у роки досліджень не виявлений. Таким чином, найбільш ймовірний для річки Сарата режим трофності – політрофний, клас якості – незадовільний, з високим рівнем екологічного ризику.

Проаналізовано кореляційний зв'язок між екологічними ризиками забруднення води і ІЗВ

модифікованим (рис. 12). Був встановлений тісний зв'язок між ними (табл. 6), коефіцієнти кореляції становили 0,79-0,99, який ілюструє тенденцію до зростання ризику забруднення біогенними речовинами із зростанням концентрацій забруднювальних речовин.

Цей зв'язок дозволив установити, що класу якості води за ІЗВ «помірно забруднені» відповідає клас III «задовільний» (для пробіт функції), за яким екологічний ризик оцінюється як «значний». Класу якості «забруднені» (за ІЗВ з 2,51 до 4,0) відповідає клас IV («незадовільний») із «високим» екологічним ризиком.

Помірно забруднені води річки характеризуються підвищеним вмістом органічних речовин. Вони несуть на собі ознаки забруднення стічними водами, які надходять з сільськогосподарських земель та від комунально-побутових підприємств. «Помірно забруднені води після відповідного очищення придатні» для господарсько-питного використання, розведення деяких видів риби тощо. «Забруднені» води непридатні для питного, господарсько-побутового та спортивного використання, а також для рибориства.

Схожі результати були отримані для річки Когильник, яка впадає у лиман-водосховище Сасик [44].

Таблиця 5 – Оцінка якості води, ступеня ризику та трофності р. Сарата за показником *Probit*Table 5 – Assessment of water quality, degree of risk and trophicity of the Sarata River according to the *Probit* indicator

Роки	Prob _{річч}	ER _{річч}	Клас якості води	Якісна оцінка ризику	Трофність
<i>ВС - верхній ствір р.Сарата, 94 км від гирла, с. Міняїлівка, біля кордону з Молдовою</i>					
2007	0,84	0,799	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2008	0,62	0,732	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2009	0,93	0,824	V-поганий	критичний ризик	гіпертрофний
2010	0,33	0,629	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2011	1,16	0,563	III - задовільний	значний ризик	евтрофний
2012	0,63	0,736	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2013	0,59	0,723	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2014	0,73	0,767	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2015	0,51	0,695	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2016	-0,41	0,341	II - добрий	підвищений ризик	мезотрофний
2017	0,33	0,629	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2018	0,63	0,736	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2019	-0,26	0,398	II - добрий	підвищений ризик	мезотрофний
2020	-0,19	0,425	III - задовільний	значний ризик	евтрофний
2021	0,15	0,560	III - задовільний	значний ризик	евтрофний
2022	-0,15	0,441	III - задовільний	значний ризик	евтрофний
2023	-0,26	0,398	II - добрий	підвищений ризик	мезотрофний
<i>НС - нижній ствір Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся</i>					
2005	0,41	0,659	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2006	-0,04	0,484	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2007	-0,30	0,382	V-поганий	критичний ризик	гіпертрофний
2008	0,26	0,608	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2009	0,65	0,742	III - задовільний	значний ризик	евтрофний
2010	0,30	0,618	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2011	0,06	0,524	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2012	0,40	0,655	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2013	0,19	0,575	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2014	0,22	0,587	II - добрий	підвищений ризик	мезотрофний
2015	0,61	0,729	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2016	0,14	0,556	IV - незадовільний	високий ризик	політрофний
2017	0,29	0,614	II - добрий	підвищений ризик	мезотрофний
2018	0,35	0,637	III - задовільний	значний ризик	евтрофний
2019	-0,24	0,405	III - задовільний	значний ризик	евтрофний

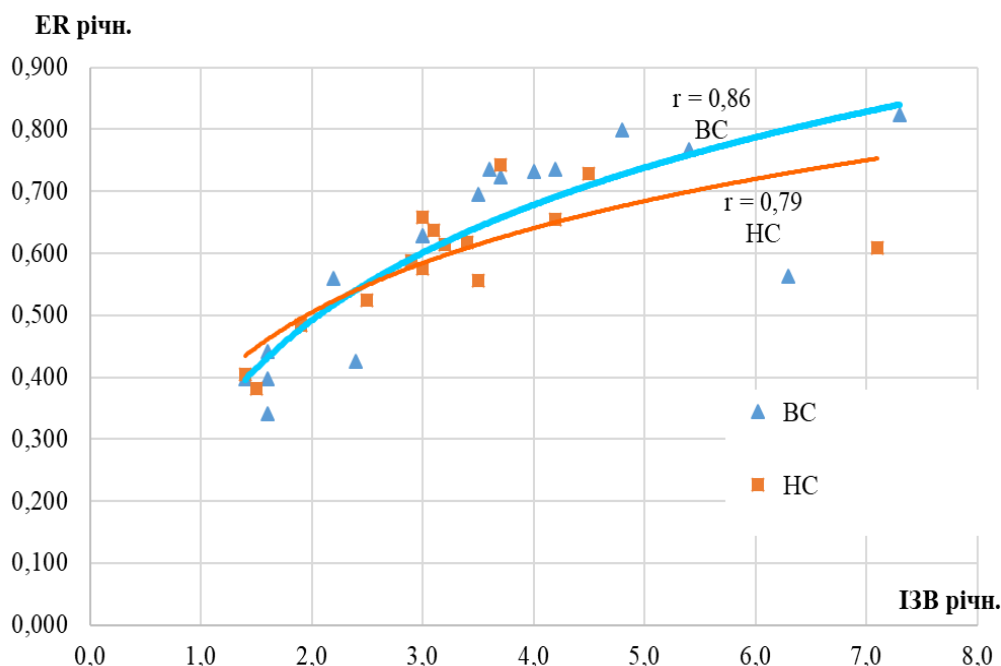


Рис. 13 – Залежність показників ризику ER від індексів забруднення води модифікованих (середньорічних), ВС - верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівка, біля кордону з Молдовою; НС - нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся

Fig. 13 - Dependence of ER risk indicators on modified water pollution indices of water (annual average), BC - the upper body of the Sarata River, 94 km from the mouth, village. Miniailivka border with Moldova; HC - the lower body of the Sarata River, 14,3 km from the mouth, village Bilolissia

Таблиця 6 – Рівняння лінійної парної регресії для опису зв'язків між показниками ризику Probit та якістю води р. Сарата

Table 6 – Linear pairwise regression equation for describing the relationship between Probit risk indicators and water quality of the Sarata River

Вид рівняння	Коефіцієнт кореляції	Вихідні дані
<i>Верхній ствір р. Сарата, 94 км від гирла, с. Міняйлівкаю, біля кордону з Молдовою</i>		
$ER = 0,2689 \cdot \ln IZB + 0,305$	0,86	Річні значення
$ER = 0,307 \cdot \ln IZB + 0,312$	0,99	Добові значення
<i>Нижній ствір р. Сарата, 14,3 км від гирла, с. Білолісся</i>		
$ER = 0,196 \cdot \ln IZB + 0,369$	0,79	Річні значення
$ER = 0,307 \cdot \ln IZB + 0,305$	0,98	Добові значення

4 ВИСНОВКИ

1. Встановлено значні перевищення ГДК рибогосподарського використання за показниками БСК₅, розчиненого кисню та іонів амонію, що вказує на забруднення річки Сарата неочищеними сільськогосподарськими та комунально-побутовими стічними водами. Спостерігається зниження насичення киснем вод нижче за течією. Протягом періоду моніторингу з 2007 по 2023 роки установлене багатократне перевищення ГДК для сульфатів і хлоридів. Для створу р.Сарата – с.Міняйлівка найбільша

ймовірність перевищення ГДК отримана для нітритів (73,4 %), БСК₅ (70,3 %), іонів амонію (62,5 %). Для нижньої течії (р. Сарата – с.Білолісся) виявлена найбільша ймовірність перевищення ГДК для БСК₅ (80,4 %), розчиненого кисню (78,3 %) та амонію (60,9 %).

2. Проаналізовано вміст головних іонів у водах річки Сарата. У хімічному складі води переважають іони сульфатів і натрію (р. Сарата – с.Міняйлівка), та іони сульфатів і хлоридів (р. Сарата – с. Білолісся). Загальна мінералізація зростає вниз за течією через накопичення сульфатів, хлоридів, магнію та натрію.

Максимальне річне значення мінералізації, установлене у нижньому створі Сарата – с.Білолісся, спостерігалось у 2014 році і становило 24900 мг/дм³. Загальна мінералізація води у верхньому створі мала декілька піків: у 2009, 2012 та 2014 роках. За таких умов іригаційне використання вод річки Сарата стає неможливим.

3. Аналіз ймовірності перевищення ГДК рибогосподарського використання показав, що для нітрит-іонів та нітрат-іонів ця ймовірність більш висока у верхньому створі ніж у нижньому. За іншими показниками ймовірності перевищення ГДК забруднювальними речовинами або майже однакові, або дещо зростають у нижньому створі.

4. Оцінка якості води за ІЗВ-модифікованим (розчинний кисень, БСК₅, азот амонійний, нітрит- та нітрат-іони, фосфати) дозволив установити, що якість води у річці Сарата відноситься переважно до III та IV класів (“помірно забруднені” та “забруднені”). У верхній течії річки Сарата найімовірніше формування вод III класу якості (“помірно забруднені”), емпірична ймовірність появи становить 37,5%. У нижній течії найімовірніше формування вод IV класу якості (“забруднені”), емпірична ймовірність появи яких досягає 32,6%. Ймовірність попадання у класи з V по VII (води з порушеними екологічними параметрами) для нижнього створу становить 8,70%, 15,2% та 2,17%, відповідно.

5. За показниками екологічного ризику ER установлено, що переважає можливість існування «високого» ризику забруднення біогенними речовинами, ймовірність появи якого становить 52,9% для верхнього створу та 60% для нижнього. “Високому” рівню забруднення клас IV (ER=0,60-0,79) відповідає «незадовільний» екологічний стан.

6. Ймовірність досягнення класу «доброго» екологічного стану (клас II, ER=0,20-0,39) мала і у верхньому створі становить 17,6%, у нижньому – лише 6,67%.

7. Виявлені тісні кореляційні зв'язки між значеннями екологічних ризиків та модифікованих індексів забруднення води (Коефіцієнти кореляції змінюються від 0,77 до 0,99), що дозволяє узгоджувати між собою оцінки якості води та екологічних ризиків.

8. Річка Сарата належить до таких річок, природні властивості яких значно змінені в результаті надходження до них стічних вод. Забруднені води непридатні для питного, господарсько-побутового та спортивного

використання, а також для рибництва. Води річки Сарата за своєю якістю негативно впливають на екологічний стан лиману Сасик.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. План управління річковим басейном Причорномор'я. Басейнове управління водних ресурсів річок Причорномор'я, Державне агенство водних ресурсів України. 2023. URL : <https://oouvr.gov.ua/plan-upr-richkovum-baseynom/> (дата звернення 25.03.2024).
2. Плани управління річковими басейнами. (2023). Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 2023. URL : <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/stale-upravlinnya-vodnymy-resursamy/plany-upravlinnya-richkovomy-baseynamy/> (дата звернення 25.03.2024).
3. Швебе Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України: навч.-дов. пос. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
4. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
5. Швець Г. І., Дрозд Н. І., Левченко С. П. Каталог річок України. Київ: АН УРСР, 1957. 192 с.
6. Ресурси поверхностних вод СССР Т.6 Украина и Молдавия. Вып.2 / под ред. Каганера М.С. Ленинград : Гидрометеиздат, 1971. 656 с.
7. Природа Одесской области. Ресурсы, их рациональное использование и охрана / под ред. Г. И. Швебса, Ю. А. Амброз. Киев-Одесса : Вища школа, 1979. 144 с.
8. Ляшенко Г. В., Прикуп Л. О. Оцінка якості ґрунтів за реакцією ґрунтового розчину та вмістом важких металів на півдні Одеської області. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. №17. С. 17-22. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/2002>.
9. Річки Когильник, Кагач та Сарата відтепер вільні та природні. Rewilding Danube Delta (Румунія). URL : <https://rewilding-danube-delta.com/uk/news/dam-removal-on-kogilnik> (дата звернення 03.03.2024)
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2021 році. Одеська обласна державна адміністрація, Одеська обласна військова адміністрація, Департамент екології та природних ресурсів, Одеса, 2022, 214 с. URL : <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Odeska-ODA-2021.pdf> (дата звернення 11 березня 2024).
11. Лозовіцький П. С. Оцінювання якості води р. Сарата. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. 2023. 27(2(41)). С. 28–44. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2\(41\).268698](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2(41).268698).
12. Довідка для ознайомлення з ситуацією на озері Сасик / Одеська національна наукова бібліотека. URL : https://odnb.odessa.ua/img/novini_2021/3194/sas01.pdf (дата звернення 18.11.2023).
13. Інформація про р. Сарата. URL : [https://uk.wikipedia.org/wiki/Сарата_\(річка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Сарата_(річка)) (дата звернення 02.02.2024).
14. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Регіональна гідрохімія України : підручник. Київ: ВПЦ "Київський університет", 2019. 343 с.
15. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / В. І. Осадчий та ін. Київ: Ніка-центр, 2013. 240 с.
16. Loboda N. S., Tuchkovenko Y. S., Kozlov M. O.,

- Katynska I. V. Assessment of River Water Inflow into the Sasyk Estuary-Reservoir According to RCP4.5 and RCP8.5 Climate Change Scenarios for 2021-2050. *Журнал геологія, географія, геоecологія*. 2021. 30 (2). С. 315–325. <https://doi.org/10.15421/112128>.
17. Гопченко Е. Д., Лобода Н. С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях): монография. Київ: КНТ, 2005. 188 с.
 18. Вплив змін клімату на гідрологічний і гідроекологічний режими лиманів північно-західного Причорномор'я: монографія / Тучковенко Ю. С., Хохлов В. М., Лобода Н. С., Кушнір Д. В., Серга Е. М.; за ред. Ю. С. Тучковенка. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2022. 202 с.
 19. Річний звіт з питань управління водними ресурсами басейну річок Причорномор'я за 2019 рік. Басейнове управління водних ресурсів річок Причорномор'я та Нижнього Дунаю / Державне агентство водних ресурсів України. Одеса, 2020. 66 с. URL : <https://oouvr.gov.ua/wp-content/uploads/2020/10/Річний-звіт-річок-Причорноморья.pdf> (дата звернення 11.03.2024).
 20. План управління річковим басейном річок Причорномор'я (2025-2030) / Державне агентство водних ресурсів України. URL : https://davr.gov.ua/fls18/tu/RBMP_Black_sea_rivers/purb_b.pdf (дата звернення 25.03.2024).
 21. Екологічні ризики: природа і критерії / Войціцький В. М., Хижняк С. В., Данчук В. В., Мідик С. В., Гришук І. А., Ушкалов В. О. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020. № 4(31) С. 131-135. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.21>.
 22. Watershed Ecological Risk Assessment: Distance learning modules on Watershed Management. WATERSHED ACADEMY WEB, 32 p. URL : <http://www.epa.gov/watertrain>. (дата звернення 15.03.2024).
 23. The Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHA): Water. 2016. URL : <http://www.oehha.ca.gov/water.html> (Accessed: 29 November 2023).
 24. Bioindication for Detecting Environmental Risks in Agroecosystems Contaminated with Heavy Metals / Alla Lishchuk, Alla Parfenyuk, Inna Horodyska, Vira Boroday, Tetiana Khitrenko, Liudmyla Tymoshenko. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. 24(8). С. 175-182 <https://doi.org/10.12911/22998993/166395>.
 25. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення: Вид. офіційне. Київ: Твій формат, 2006. 240 с.
 26. Методичні рекомендації щодо оцінки ймовірності ризикових подій внаслідок забруднення водних об'єктів та ґрунтів української частини Нижньодунайського регіону. Одеса: ФОП Шилов М. В., 2016. 57 с.
 27. Loboda N., Daus M. Development of a method of assessment of ecological risk of surface water pollution by nitrogen compounds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. (2021). Vol. 5, №10(113): Ecology. Pp. 15-25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.243058>.
 28. Методика виділення зон, вразливих до забруднення поверхневих і підземних вод нітратними сполуками / Осадча Н. М. та ін. *Український географічний журнал*. 2020. №4 (112). С. 38–48. <https://doi.org/10.15407/ugz2020.04.038>.
 29. Лобода Н. С., Отченаш Н. Д., Федіна Н. О. Розроблення методичного підходу до визначення екологічних ризиків забруднення водних об'єктів у межах індустріально розвинутих територій (на прикладі річок міста Харків). *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. №31. С. 88-102. ISSN 2616-7271. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/11847>.
 30. Антропогенний вплив на водні об'єкти та шляхи інтегрованого управління ними. Звіт про НДР. ДР № 0118U001220 / наук. керів. Н.С. Лобода; Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2022. 261 с. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/11117>
 31. Finney D. Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge University Press, Cambridge, 1952. 256 p.
 32. Romanenko V., Afanasyev S., Tsybulskiy A. Appraisal of Methodology of Ecological Risks Assessment Arising From Pollution of The Rivers of the Ukraine. Threats to Global Water Security. 2009. Pp. 323-332.
 33. Keese P. Introduction to ecological risk assessment. Ecological risk assessment of Transgenic Plants. 16–17 August 2010. URL : http://www.cera-gmc.org/files/cera/docs/brasilgia_2010/paul_keese.pdf.
 34. Роробкова Г. В. Сучасний екологічний стан басейну річки Сіверський Донець в межах Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Екологія*. 2016. Вип. 14. С. 66-70. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKkNU_2016_14_11 (дата звернення 11.03.2024).
 35. Rybalova O., Artemiev S. Development of a procedure for assessing the ecological risk of the surface water status deterioration. *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*. 2017. 5(10-89). Pp. 67-76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>.
 36. Дані моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України Державного агентства водних ресурсів України URL : <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (дата звернення 17.01.2024).
 37. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ: Ніка-Центр, 2001. 264 с.
 38. Юрасов С. М., Сафранов Т. А., Чугай А. В. Оцінка якості природних вод: навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2012. 168 с.
 39. Хільчевський В. К., Забкрицька М. Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод: навчальний посібник. Луцьк: Вежа друку, 2021. 76 с.
 40. Хільчевський В. К. Гідрохімічний словник. Київ : DIA, 2022. 208 с.
 41. Інформація про первинну продукцію. URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Первинна_продукція. (дата звернення 04.03.2024).
 42. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. Київ : Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, Недержавна наукова установа Інститут екології (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. 112 с.
 43. Школьніий Є. П., Лосва І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. Одеса : Астропрінт, 1999. 538 с.
 44. Лобода, Н. С. та Куза, А. М. (2023) Оцінка екологічних ризиків забруднення біогенними речовинами річки Когильник на основі пробіт-функцій. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. 32. С. 34-49.

ISSN 2311-0902, 2616-7271.

<http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/12548>.

REFERENCES

1. *Plan upravlinnia richkovym baseinom Prychornomoria. [River basin management plan of the Black Sea coast]* (2023). Basin Management of Water Resources of the Black Sea Rivers, State Agency of Water Resources of Ukraine. Available at: <https://oouvr.gov.ua/plan-upr-richkovym-baseynom/> (Accessed: 25 March 2024). (in Ukr)
2. *Plany upravlinnia richkovymi baseinamy [Basin Management of Water Resources]*. (2023). Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine Available at: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/stale-upravlinnya-vodnymy-resursamy/plany-upravlinnya-richkovymi-baseinamy/> (Accessed: 25 March 2024). (in Ukr)
3. Shvebs, H.I. & Ihoshyn, M.I. (2003). *Kataloh richok i vodoim Ukrainy [Catalog of rivers and reservoirs of Ukraine]*. Odesa: Astroprint Publ. (in Ukr.)
4. Hrebin', V.V. (2010) *Suchasnyy vodnyy rezhym richok Ukrayiny (landshaftno-hidrolohichnyy analiz) [The current water regime of the rivers of Ukraine (landscape-hydrological analysis)]*. Kyiv: Nika-Tsentr. (in Ukr.)
5. Shvets, H.I., Drozd, N.I. & Levchenko, S.P. (1957) *Kataloh richok Ukrainy [Catalog of rivers of Ukraine]*. Kyiv: AN URSSR. (in Ukr.)
6. Kaganer, M.S. (ed). (1971). *Resursy poverhnostnykh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]*. Vol. 6: *Ukraina i Moldaviya [Ukraine and Moldova]*. Issue 2: *Srednee i Nizhnee Podneprov'e [Middle and Lower Dnieper]*. Leningrad : Gidrometeoizdat. (in Russ.)
7. Shvebs, H.I. & Ambroz, Yu.A. (eds). *Priroda Odesskoy oblasti. Resursy, ikh ratsional'noe ispol'zovanie i okhrana [Nature of the Odessa region. Resources, their rational use and protection]* (1979). Kiev-Odessa : Publ. of Vyscha shkola. (in Russ.)
8. Lyashenko, G.V. & Prykup, L.A. (2016) Otsinka yakosti gruntiv za reaktsiieiu hruntovoho rozchynu ta vmistom vazhkykh metaliv na pivdni Odeskoi oblasti [Soil quality assessment based on reaction of soil solution and content of heavy metals in the Southern part of Odessa region]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]*, 17, pp. 17-22. <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/2002>. (in Ukr.)
9. *Richky Kohylnyk, Kahach ta Sarata vidteper vilni ta pryrodni [The Kogylnyk, Kagach and Sarata rivers are now free and natural]*. Rewilding Danube Delta (Румунія). Available at: <https://rewilding-danube-delta.com/uk/news/dam-removal-on-kogilnik> (Accessed: 03 March 2024). (in Ukr.)
10. Department of Ecology and Natural Resources of Odessa Regional State Administration (2022). *Rehionalna dopovid pro stan navkolysnogo pryrodnogo seredovyshcha v Regional Report on the State Odeskii oblasti u 2021 rotsi. [Regional report on the state of the natural environment in the Odessa region in 2021]*. Available at: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Odeska-ODA-2021.pdf> (Accessed: 11 March 2024). (in Ukr.)
11. Lozovitskyi, P.S. (2023). Otsiniuvannia yakosti vody r.Sarata [Assessment of Sarata River water]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Heohrafichni ta heolohichni nauky [Bulletin of Odessa National University. Geographical and geological sciences]*, 27(2(41)), pp. 28-44. (in Ukr.)
12. *Dovidka dlia oznaiomlennia z sytuatsiieiu na ozeri Sasyk [Reference for familiarization with the situation at Lake Sasyk]*. Odesa National Scientific Library. Available at: https://odnb.odessa.ua/img/novini_2021/3194/sas01.pdf (Accessed: 21 March 2024). (in Ukr.)
13. *Informatsiia pro r. Sarata [Information about Sarata River]*. Available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Sarata> (Accessed: 04 March 2024) (in Ukr.)
14. Khilchevskyi, V.K., Osadchyi, V.I. & Kurylo, S.M. (2019). *Rehionalna hidrokimiya Ukrayiny [Regional hydrochemistry of Ukraine]*. Kyiv : "Kyiv University". (in Ukr)
15. Osadchyi, V.I. (ed.). (2013). *Protsesy formuvannia khimichnogo skladu poverkhnevnykh vod [Processes of formation of chemical composition of surface waters]*. Kyiv: Nika-Tsentr Publ. (in Ukr.)
16. Loboda, N.S., Tuchkovenko, Y.S., Kozlov, M.O. & Katynska, I.V. (2021). [Assessment of River Water Inflow into the Sasyk Estuary-Reservoir According to RCP4.5 and RCP8.5 Climate Change Scenarios for 2021-2050]. *Zhurnal heolohiia, heohrafiia, heoekolohiia [Journal of Geology, Geograph. Geocology]*, 30 (2), pp. 315–325. <https://doi.org/10.15421/112128>. (in Ukr.)
17. Gopchenko, E.D. & Loboda, N.S. (2005). *Vodnye resursy severo-zapadnogo Prichernomor'ya (v estestvennykh i narushennykh khozyaystvennoy deyatelnost'u usloviyakh) [The water resources of the north-western Black Sea coast (in natural and economic conditions violated by economic activity)]*. Kiev : KNT Publ. (in Russ.)
18. Tuchkovenko, Yu.S., Khokhlov, V.M., Loboda, N.S., Kushnir, D.V., Serga, E.M. (2022). *Vplyv zmin klimatu na nizhekolohichni i hidroekolohichni rezhymy lymaniv pivnichno-zakhidnoho Prychornomoria: monohrafiia [Climate change impact on hydrological and hydroecological regimes of lagoons on the North-Western Black Sea coast: monograph]*. Edited by Yu. S. Tuchkovenko. Odesa : Odessa State Environmental University. 202 p. (in Ukr.)
19. *Richnyi zvit z pytan upravlinnia vodnymy resursamy baseinu richok Prychornomoria za 2019 rik. [Annual report on water resources management of the Black Sea river basin for 2019]*. Basinove upravlinnia vodnykh resursiv richok Prychornomoria ta Nyzhnogo Dunaiu, Derzhavne ahentstvo vodnykh resursiv Ukrainy. [Basin Management of Water Resources of the Black Sea and Lower Danube Rivers, State Water Resources Agency of Ukraine]. Odesa, 2020. Available at: <https://oouvr.gov.ua/wp-content/uploads/2020/10/Richnyi-zvit-richek-Prichornomoria.pdf> (Accessed: 11 March 2024). (in Ukr.)
20. *Plan upravlinnia richkovym baseinom Prychornomoria (2025-2030). [River basin management plan of the Black Sea coast, 2025-2030]* (2023). State Agency of Water Resources of Ukraine. Available at: <https://oouvr.gov.ua/plan-upr-richkovym-baseynom/> (Accessed: 25 March 2024). (in Ukr.)
21. Voitsitskyi, V.M., Khyzhniak, S.V., Danchuk, V.V., Midyk, S.V., Hryshchuk, I.A., Ushkalov, V.O. (2020). Ekolohichni ryzyky: pryroda i kryterii [Environmental risks: nature and criteria]. *Ekolohichni nauky: naukovopraktychnyi zhurnal [Ecological Sciences: scientific and practical journal]*, № 4(31), pp. 131-135. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.21>. (in Ukr.)
22. *Watershed Ecological Risk Assessment: Distance learning modules on Watershed Management. WATERSHED*

- ACADEMY WEB. Available at: <http://www.epa.gov/watertrain>. (Accessed: 15 March 2024).
23. The Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHA): Water. 2016. Available at: <http://www.oehha.ca.gov/water.html> (Accessed: 29 November 2023).
 24. Alla, Lishchuk et al. (2023) Bioindication for Detecting Environmental Risks in Agroecosystems Contaminated with Heavy Metals. *Journal of Ecological Engineering*, 24(8), pp. 175-182. <https://doi.org/10.12911/22998993/166395>.
 25. Vodna Ramkova Dyrektyva YeS 2000/60/JeS. Osnovni termini ta yikh vyznachennia [EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Basic terms and their definitions]. (2006). (in Ukr).
 26. Metodichni rekomendatsii shchodo otsinky ymovirnosti ryzykovykh podii vnaslidok zabrudnennia vodnykh ob'ektiv ta gruntiv ukrainskoi chastyny Nyzhnodonaiskoho rehionu [Methodological recommendations for assessing the probability of risk events due to contamination of water bodies and soils of the Ukrainian part of the Lower Danube region] (2016). Odesa: FOP Shylov M.V. (in Ukr).
 27. Loboda, N. & Daus, M. (2021). Development of a method of assessment of ecological risk of surface water pollution by nitrogen compounds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol.5, №10(113): Ecology, pp. 15-25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.243058>.
 28. Osadcha, N.M. et al. (2020). [Methodology for the nitrate vulnerable zones designation in surface and ground water]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]*, 4 (112), pp. 38–48. (in Ukr).
 29. Loboda, N.S., Otchenash, N.D. & Fedina, N.O. (2023). [Development of a methodological approach for determination of environmental risks of water bodies pollution across industrially developed territories (as exemplified by the rivers of city of Kharkiv)]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 31, pp. 88-102. <https://doi.org/10.31481/uhmj.31.2023.06> (in Ukr.)
 30. Loboda, N.S. (scient. chief). (2022). *Antropohennyi vplyv na vodni ob'ekty ta shliakhy intehrovanoho upravlinnia nymy. Zvit pro NDR. DR № 0118U001220. [Anthropogenic impact on water bodies and ways to integrate them: Research report. RS 0118U001220]*. Odesa State Environmental University. Odesa. (in Ukr).
 31. Finney, D. (1952). *Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve*. Cambridge University Press, Cambridge.
 32. Romanenko, V. et al. (2009). Appraisal of Methodology of Ecological Risks Assessment Arising From Pollution of The Rivers of the Ukraine. In: J. Anthony, A. Jones, Trahel G. Vardanian and Christina Hakopian (eds). *Part of the series Threats to Global Water Security*, pp. 323-332.
 33. Keese, P. (2010) [Introduction to ecological risk assessment. Ecological risk assessment of Transgenic Plants]. Available at: http://www.cera-gmc.org/files/cera/docs/brasilia_2010/paul_keese.pdf. (Accessed: 04 March 2024).
 34. Korobkova, H. (2016) Suchasnyi ekolohichni stan baseinu richky Siverskyi Donets v mezhakh Kharkivskoi oblasti [The current ecological status of the Siverskyi Donets basin within the Kharkiv region]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya : Ekolohiia [Bulletin of the Karazin Kharkiv National University. Series: Ecology]*, 14, pp. 66-70. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKkNU_2016_14_11. (Accessed: 25 March 2024).
 35. Rybalova, O. & Artemiev, S. (2017). Development of a procedure for assessing the ecological risk of the surface water status deterioration. *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*, 5(10-89), pp. 67-76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>.
 36. Data on monitoring and environmental assessment of water resources of Ukraine of the State Water Resources Agency of Ukraine [Dani monitorynhu ta ekolohichnoi otsinky vodnykh resursiv Ukrainy Derzhavnogo ahenstva vodnykh resursiv Ukrainy]. Available at: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Ind ex> (Accessed: 25 February 2024). (in Ukr.)
 37. Snizhko, S.I. (2001). *Otsinka ta prohnozuvannia yakosti pryrodnykh vod [Evaluation and forecasting of the quality of natural waters]*. Kyiv : Nika-Tsentr. (in Ukr.)
 38. Iurasov, S.M., Safranov, T.A. & Chuhai, A.V. (2012). *Otsinka yakosti pryrodnykh vod [Assessment of the quality of natural waters]*. Odesa: Ekolohiia. (in Ukr.)
 39. Khilchevskiy, V.K. & Zabokrytska, M.R. (2021). *Khimichniy analiz ta otsinka yakosti pryrodnykh vod. [Chemical analysis and assessment of the quality of natural waters]*. Lutsk: Vezha druk. (in Ukr.)
 40. Khilchevskiy, V.K. (2022). *Hidrokhimichniy slovnyk [Hydrochemical dictionary]*. Kyiv : DIA Publ. (in Ukr.)
 41. *Informatsiia pro Informatsiia pro pervynnu produktsiiu [Information about first products]*. Available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Kogilnik> (Accessed: 04 March 2024) (in Ukr.)
 42. Maltsev V.I., Karpova H.O. & Zub L.M. (2011) *Vyznachennia yakosti vody metodamy bioindykatsii: naukovo-metodychni posibnyk [Determining water quality by bioindication methods: a scientific and methodological manual]*. Kyiv : Scientific Center of Ecomonitoring and Biodiversity of the Megapolis of the National Academy of Sciences of Ukraine, Non-governmental scientific institution Institute of Ecology (INEKO) of the National Ecological Center of Ukraine. (in Ukr.)
 43. Shkolnyi, Ye.P., Loieva, I.D. & Honcharova, L.D. (1999). *Obrobka ta analiz hidrometeorolohichnoi informatsii [Processing and analysis of hydrometeorological information]*. Kyiv: Ministry of Education of Ukraine. (in Ukr.)
 44. Loboda, N.S. & Kuza, A.M. (2023). [Environmental Risks Assessment Of Nutrient Pollution Of The Kogilnik River Based On Probit Functions]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 32, pp. 34-49. ISSN 2311-0902, 2616-7271 <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/12548>. (in Ukr.)

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL STATE OF THE SARATA RIVER IN ODESA REGION

N. S. Loboda, A. M. Kuza

Odessa State Environmental University,
15, Lvivska St., 65016 Odesa, Ukraine,
natalie.loboda@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0794-9951>

The relevance of the study is dictated by the need to preserve the water resources of southern Ukraine and ensure their good environmental condition. In the context of military operations, Odesa Region plays a key role in providing the country with agricultural products because of significant damage incurred to agricultural lands of Mykolaiv and Kherson Regions in the course of military actions. Hence the role of irrigation and the need to restore and modernize irrigation systems are growing. One of fresh water reservoirs of Odesa Region is Sasyk reservoir (artificially created as part of the estuary) which accumulates fresh water supplied from the Danube. The Kogylnyk and the Sarata rivers flow into the northern part of the reservoir and can worsen its hydroecological condition. The subject of the study: pollution of the rivers across North-Western Black Sea Coast by chemicals. The object of the study: the environmental state of the Sarata River. The study is aimed at assessing the environmental state and environmental risks of chemical pollution of the Sarata River. The water quality assessment was performed based on a modified version of water pollution index (WPI). Biogenic substances (ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen) were identified as the main pollutants. The content of chlorides and sulfates is also significant. The assessment of the pollution risks by biogenic substances is based on calculations of the statistical probit function. The source materials of the research include hydrochemical observations made by the State Agency of Water Resources of Ukraine for the period from 2007 to 2023 in the upper reaches of the Sarata River - village of Miniailivka (94 km from the mouth, near the border with Moldova) and in the lower reaches of the Sarata River - village of Bilolissya (14.3 km from the mouth). The analysis of probability of exceeding the MPC for fishery use indicated that, in terms of nitrite ions and nitrate ions, such probability is higher in the upper basin than in the lower one. According to other indicators, the probability of exceeding the MPC by pollutants is either almost the same or slightly increased in the lower reaches. The assessment of water quality according to the modified WPI (dissolved oxygen, BOD₅, ammonium, nitrite and nitrate ions, phosphates) showed that the water quality in the Sarata River mainly belongs to the "moderately polluted" and "polluted" classes. According to the environmental risk indicators, it was established that the possibility of a "high" risk of contamination by biogenic substances does prevail. Its probability is 52.9% for the upper reaches and 60% for the lower reaches. The "high" level of class IV pollution (ER=0.60-0.79) corresponds to an "unsatisfactory" environmental condition. The probability of achieving the class of a "good" environmental condition (class II, ER=0.20-0.39) is quite small: 17.6% in the upper reaches and only 6.67% in the lower reaches. Thus, the Sarata River belongs to such rivers, the natural properties of which underwent significant changes as a result of sewage delivery from "Sarata Komunservis" utility enterprise, settlement of Sarata. Contaminated waters are unsuitable for drinking, household and sports purposes, as well as for fish farming. The quality of the Sarata River's water has a negative impact on the environmental state of Sasyk reservoir.

Keywords: the Sarata River; biogenic substances; modified water pollution index; environmental risks of chemical pollution; probit function.

Подання до редакції : 08. 03. 2024
Надходження остаточної версії : 30. 03. 2024
Публікація статті : 25. 04. 2024