

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет гідрометеорології і екології

(повне найменування факультету)

Кафедра гідрології суші

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

«Оцінка ризиків антропогенного забруднення вод р. Південний Буг за комплексними показниками забруднення вод в передвоєнний період»

(тема кваліфікаційної роботи українською мовою)

«Assessment of the risks of anthropogenic water pollution of the Southern Bug River based on comprehensive indicators of water pollution in the pre-war period»

(тема кваліфікаційної роботи англійською мовою)

Виконав: здобувач денної форми навчання
спеціальності 101 «Екологія»

(код, назва спеціальності)

Освітня програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

(назва)

Літвін Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник канд.геогр.наук, доц.Піпип'юкВ.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент канд.геогр.наук, доц. Прокоф'єв О.М.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри

№ ____ від _____. 2025 р.

Завідувачка кафедри

Овчарук Валерія

(підпис)

(прізвище,ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 1
протокол № ____ від _____. 2025 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

(підпис)

Нікіпелова Олена

(прізвище, ім'я)

Одеса 2025

АНОТАЦІЯ

Оцінка ризиків антропогенного забруднення вод р. Південний Буг за комплексними показниками забруднення вод в передвоєнний період

Літвін Олександр Олександрович

Актуальність. Річка Південний Буг є однією з найбільших в Україні, її басейн розташований повністю в межах Хмельницької, Одеської, Вінницької, Київської, Черкаської, Кіровоградської, Миколаївської областей. Басейн річки в сучасний період знаходиться в зоні активної господарської діяльності, перебуває під значним антропогенним тиском, в тому числі – внаслідок воєнних дій, що вкрай негативно позначається на гідролого-гіdroхімічному режимі річки, особливо в гирловій зоні, в районі м. Миколаїв. Це визначає актуальність питання всебічної оцінки якісного стану річки Південний Буг, зокрема в передвоєнний період (за даними до 2022 р.).

Мета роботи: оцінка якості води та ризиків антропогенного забруднення вод р. Південний Буг за гіdroхімічними показниками на основі даних спостережень в створі м. Миколаїв підрозділами Державного агентства водних ресурсів України (ДАВРУ) за довоєнний період.

Предмет дослідження: гіdroхімічні показники, якісний стан річки Південний Буг в гирловій зоні.

Об'єкт дослідження: басейн річки Південний Буг.

В якості вхідних даних було використано матеріали багаторічних гіdroхімічних спостережень стану р. Південний Буг – м. Миколаїв, 0,5 км від гирла, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва частина морського порту за період 2010 – 2018 рр. (36 показників, 36 проб).

Структура і обсяг роботи: робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків та переліку посилань (22 найменування); загальний обсяг роботи складає 50 сторінок; 11 таблиць; 9 рисунків.

Ключові слова: комплексні показники, антропогенне забруднення, південний Буг

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ УМОВ БАСЕЙНУ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ.....	6
2 ОГЛЯД ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ В СТВОРІ М.МИКОЛАЇВ.....	15
2.1 Опис методики дослідження.....	15
2.2 Аналіз вхідних даних.....	16
2.3 Аналіз отриманих результатів.....	21
3 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ В СТВОРІ М.МИКОЛАЇВ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ.....	23
3.1 Опис методик оцінки якості води (методи ІЗВ, КІЗ).....	23
3.2 Аналіз отриманих результатів.....	25
4 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ В СВОРІ М.МИКОЛАЇВ.....	30
4.1 Опис методики дослідження.....	30
4.2 Аналіз результатів екологічної оцінки якості води.....	31
5 ОЦІНКА РИЗИКІВ НЕДОСЯГНЕННЯ ДОБРОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ Р.ПІВДЕННИЙ БУГ В ГИРЛОВІЙ ЗОНІ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ..	39
5.1 Опис методики дослідження.....	39
5.2 Аналіз отриманих результатів.....	41
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	46

ВСТУП

Актуальність. Річка Південний Буг є однією з найбільших в Україні, її басейн розташований повністю в межах Хмельницької, Одеської, Вінницької, Київської, Черкаської, Кіровоградської, Миколаївської областей. Басейн річки в сучасний період знаходиться в зоні активної господарської діяльності, перебуває під значним антропогенним тиском, в тому числі – внаслідок воєнних дій, що вкрай негативно позначається на гідролого-гідрохімічному режимі річки, особливо в гирловій зоні, в районі м. Миколаїв. Це визначає актуальність питання всебічної оцінки якісного стану річки Південний Буг, зокрема в передвоєнний період (за даними до 2022 р.).

Мета роботи: оцінка якості води та ризиків антропогенного забруднення вод р. Південний Буг за гідрохімічними показниками на основі даних спостережень в створі м. Миколаїв підрозділами Державного агентства водних ресурсів України (ДАВРУ) за довоєнний період.

Предмет дослідження: гідрохімічні показники, якісний стан річки Південний Буг в гирловій зоні.

Об'єкт дослідження: басейн річки Південний Буг.

В якості вхідних даних було використано матеріали багаторічних гідрохімічних спостережень стану р. Південний Буг – м. Миколаїв, 0,5 км від гирла, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва частина морського порту за період 2010 – 2018 рр. (36 показників, 36 проб).

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ УМОВ БАСЕЙНУ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

Річка «Південний Буг має басейн, що повністю розташований в межах України (рис. 1.1). Площа басейну річки 63700 км², довжина - 806 км, середині похил - 0,00040 (40 см/км), коефіцієнт звивистості -1,57» [1, 2].

Південний Буг «бере початок на Подільській височині поблизу с. Холодець. Середня частина його басейну в основному знаходиться в межах Придніпровської височини, нижня течія належить до Причорноморської низовини. Нижче м. Нова Одеса річка поступово переходить у Бузький лиман, який добре розвинутий в районі м. Миколаїв» [3].



Рисунок 1.1 – Розташування основних річкових басейнів в Україні [4]

Серед «приток Південного Бугу найбільша - р. Синюха (площа басейну 16700 км², впадає в межах м. Первомайськ). У місці злиття її водність становить

близько 60% від водності Південного Бугу [1]. В цілому ж в басейні Південного Бугу налічується 6594 річок, 188 водосховищ, 8005 ставків» (рис. 1.2) [4].



Рисунок 1.2 – Фізична карта басейну р. Південний Буг [4]

В «басейні Південного Бугу виділяють два гідрологічних райони - Подільський і Причорноморський» [1, 3].

Подільський «район має виражені весняне водопілля, низьку межінь, періодичні літні та зимові паводки; підземний стік тут невеликий; формуванню поверхневого стоку сприяє добра зволоженість (опаді 600-650 мм), невеликі втрати вологи на випаровування, помірний температурний режим в теплий період року.

Причорноморський район має недостатню зволоженість, велике випаровування, річки тут незначні за водністю і мають періодичний стік.

Значний вплив на природний стік басейну Південного Бугу, особливо в його нижній частині, має господарська діяльність, яка перерозподіляє стік протягом року завдяки його значній зарегульованості водоймами.

Водний режим Південного Бугу - нерівномірний, повінь виражена навесні, решту часу року - стійка межень. Основа річного стоку р. Південний Буг (56 %) формується у верхів'ї лісостепової частини його басейну» [2].

Щодо кліматичних умов в басейні річки: помірно континентальний клімат у верхів'ї та в середній частині басейну повільно переходить у нижній течії в посушливий (південна частина Миколаївської області). В холодний період (листопад – березень) випадає 188 мм опадів, середня температура повітря в січні від -6 до -3°C. В теплий період року (квітень-жовтень) випадає 388 мм опадів, середня температура повітря в липні від 18 до 22 °C [4].

Згідно фізико-географічного районування (рис. 1.3) за даними [4] верхня частина басейну Південного Бугу належить до широколисто-лісової вологої теплої зони, середня частина розташовується в лісостеповій недостатньо зволоженій зоні, нижня частина басейну розташована в межах степової посушливої дуже теплої зони.



Рисунок 1.3 – Рослинність в басейні р. Південний Буг [4]

Характерна «риса гідрологічного режиму гирлової ділянки Південного Бугу є згінно-нагінні коливання рівнів, які особливо значні біля м. Нова Одеса. Гирлова ділянка Південного Бугу розташована в підпорі Бузького лиману. Температура води в гирловій ділянці протягом року коливається від 0,2 °С до 21 °С. Замерзає річка в середині грудня, звільнюється від льоду - у березні. Твердий стік Південного Бугу невеликий. Середня мутність становить 50,0 г/м³» [13].

У «геоструктурному відношенні територія басейну р. Південний Буг належить до Українського кристалічного щита. Масивно-кристалічні породи та продукти їх вивітрювання залягають на незначній глибині, тому часто відшаровуються в долинах річок та ярів. Характерне незначне поширення осадових порід, четвертинні відклади представлені лесами, лесовидними суглинками, алювіальними та делювіальними відкладами. На схилах, а також у відшаруваннях ярів на денну поверхню виходять кристалічні породи, на продуктах вивітрювання яких утворюються щебенюваті ґрунти» [5].

Верхня і середня частини басейну знаходяться на Подільській та Придніпровській височинах, рельєф тут рівнинний, розчленований глибоко врізаними річковими долинами з ерозійними і акумулятивними терасами.

Нижня «частина басейну лежить в Причорноморській низовині, тут товща осадових відкладів залягає на кристалічному фундаменті, у будові поверхні беруть участь відклади неогену і антропогену. Рівень залягання ґрунтових вод залежить від кліматичних умов та ступеня розчленованості місцевості. Значний вплив на формування горизонту ґрунтових вод і ступінь їх мінералізації має також характер літологічного складу материнських і підстильних порід» [5].

На території поширення кристалічного щита ґрунтові води залягають на різних глибинах [6]. «Водоносний горизонт на кристалічних породах і в їх тріщинах залягає на вододільних плато на глибині до 30-40 м. На схилах глибина їх зменшується до кількох метрів. Іноді води цього горизонту в балках виходять на поверхню (джерела). У межиріччі Інгульця і Південного Бугу ґрунтові води залягають у сарматських вапняках на глибині від 30 до 75 м. У понтичних вапняках водоносний горизонт залягає на глибині 20-50 м. Поряд з прісними

трапляються горизонти з досить мінералізованими водами. Напірні ґрунтові води зустрічаються в лесових відкладах, які залягають на червоно-бурих глинах на глибинах 5 – 20 м. Води лесового горизонту непридатні для пиття через високу мінералізацію. Підвищення їх рівнів при зрошуванні може спричинити вторинне засолення ґрунтів» [5].

У «районі розміщення Ташлицької водойми ПУАЕС ґрунтові води розповсюджені в четвертинних алювіальних відкладах заплав і надзаплавних терас р. Південний Буг, де залягають на глибині від 0,1-0,5 до 2-5 м» [7].

Басейн «Південного Бугу характеризується високим рівнем господарської освоєності території. Тут розміщено 70 адміністративних районів (59 повністю і 11 частково) семи областей - Хмельницької, Вінницької, Київської, Черкаської, Кіровоградської, Одеської, Миколаївської, 35 міст, 65 селищ, 2 878 сіл, в яких проживають 4,2 млн осіб (у тому числі 2,4 млн міських і 1,8 млн сільських жителів), що складає близько 8% всього населення України» [8].

Басейн «Південного Бугу є одним із потужних аграрних регіонів України з високим рівнем промислового виробництва. Переважна його частина перебуває під впливом сільськогосподарського виробництва. Сільськогосподарські угіддя в загальній площі басейну становлять 81%, змінюючись на водозборах окремих річок в межах 74- 90%» [1, 9].

Найбільш освоєними є басейни річок степової зони: в басейні р. Інгул на сільськогосподарські угіддя припадає 90%, р.Синюхи – до 90%, р. Савранка - 71%.

Розораність території в середньому складає 66% [4], а «в окремих басейнах малих річок досягає 80%, що значно перевищує екологічну межу. Різких змін зазнали лісові угіддя, які на значній площі - знищені. Нині лісовкриті площі становлять 9%, а у південних районах не перевищують 3-7% площі басейнів (в 2-3 рази менше оптимального значення). Урбанізовані землі в басейні змінюються в межах 2-5%.

Господарська діяльність зумовила суттєве зменшення площ незайманих природних ландшафтів (ліси, болота, луки, пасовища, перелогові та заповідні

землі). В результаті на всіх річках басейну Південного Бугу активізувались ерозійні процеси. Площа еродованих земель на окремих ділянках басейна перевищує 50-70% (р. Південний Буг до с. Пирогівці, рр. Бужок, Ров, Савранка, Бакшала, Чертала, Мертвовід, Інгул). Щорічний змив ґрунту з 1 га досягає 1-30 тонн, що веде до втрат гумусу, зниження родючості ґрунтів, погіршення якості води і водного режиму річок. Продукти ерозії потрапляють до річок, водосховищ та ставків, замулюють їх, підвищують рівні води» [10].

Розташування «основних водосховищ в басейні р. Південний Буг та їх характеристики наведені на рис. 1.4 і табл. 1.1. Значна зарегульованість стоку річок басейну Південного Бугу водосховищами і ставками призвела до зниження швидкості течії та спричинила акумуляцію у водних об'єктах відходів промислових підприємств, забруднених стічних вод з сільськогосподарських угідь та урбанізованих територій. Додаткові втрати води на випаровування з водної поверхні штучних водойм складають 174 млн м³/рік» [5].



Рисунок 1.4 – Основні водосховища в басейні р. Південний Буг [4].

Таблиця 1.1 – Основні водосховища в басейні р.Південний Буг [4]

№	Назва водосховища	Площа водозбору, км ²	Площа дзеркала при НІР, га	Об'єм. млн. м ³
1	Мар'янівське	276	138	2,5
2	Хмельницьке	607	80	2,8
3	Меджибіжське	1102	101	3,3
4	Щедрівське	2862	1290	25,2
5	Н.Костянтинівське	3018	254	2,65
6	Сандрацьке	4240	168	1,3
7	Сабарівське	8960	339	8,6
8	Сутиське	10780	395	8,6
9	Брацлавське	12340	110	3,3
10	Ладизинське	13330	2180	150
11	Глибочське	17130	332	10,7
12	Гайворонське	20260	496	11,3
13	Первомайське	27300	141	3,3
14	Олександрівське	46200	1030	58,3
15	Дмитренківське	2830	362	11,1
16	Острожанське	570	528	10
17	Вороненське	1710	580	10,5
18	Новоархангельське	9600	457	14,8
19	Тернівське	10315	400	12,2
20	Червонохутірське	16595	363	9,6
21	Ташлицьке	98	860	86
22	Щербанівське	997	475	15,7
23	Кіровоградське	987	260	4,2
24	Софіївське	6100	470	36

«В останні десятиліття у басейні р. Південний Буг є тенденція до стійкого зменшення обсягів водозабору. За даними [5] за 1990-2004 рр. річний забір води зменшився у 2,7 рази (з 1865 до 688 млн м³). Обсяг водозабору на виробничі потреби зменшився у 2,5 рази, на зрошення - у 12 разів, на господарсько-питні потреби зменшення в 1,6 разів. Аналогічно зменшились обсяги скидів стічних вод різної категорії якості та безповоротних втрат: за 1990 – 2004 рр. зменшення в 2,8 рази» [11]. «При цьому скид нормативно очищених вод зменшився у 3,8 рази, нормативно чистих без очистки - зменшився у 3,4 рази, скид недостатньо очищених вод натомість збільшився у 1,3 рази, скид стічних вод без очистки збільшився аж у 4,4 рази» [5]. «Обсяг неочищених чи недостатньо очищених стоків зріз з 5 до 25%. Зменшення забору поверхневих вод та відповідно і скидів стічних вод у басейні Південного Бугу за останні десятиріччя пояснюється соціально-економічними негараздами в країні, зменшенням обсягів виробництва, запровадженням більш прогресивних водозберігаючих методів господарювання» [11,12]. «Скиди забруднюючих речовин із стічними водами в басейні Південного Бугу за 1990-2004 рр. також зменшилися: по залізу в 2,4 рази, по міді в 3,2 рази, по азоту амонійному - 2,4 рази, по нітратам і нітратам – в десятки разів, по СПАР в 2,3 рази, по жирам і маслам 1,9 рази, скид органічних речовин (за показником БСК) зменшився у 2,8 рази, скиди мінеральних солей зменшилися майже у 2 рази. Звертає увагу збільшення скидів нафтопродуктів - з 9,6 до 13,0 тис. тонн (у 1,4 рази). Слід зазначити, що обсяги стічних вод, за якими обчислені скиди забруднюючих речовин за даними 2-ТП (водгосп), зменшилися всього у 1,3 рази - з 200 до 150 тис. тонн» [5, 11].

Станом на 2007 р. за даними [4] в басейні р.Південний Буг було обліковано 143 водозабори різного призначення та 162 місця скидів стічних і зворотних вод (з них 31 місце скиду «забруднених, недостатньо очищених» стічних вод, 15 місць скиду «недостатньо очищених, але з біологічною доочисткою», 45 місць скиду «забруднених, без очищення» і 52 місця скиду «нормативно очищених» стоків). Основні підприємства – водокористувачі в басейні р.Південний Буг наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні водокористувачі в басейні р.Південний Буг [4]

№	Назва підприємства	Забрано води в 2007 р., млн. м ³	Відведено води в 2007 р., млн. м ³
1	ВП «Южно-Українська АЕС»	57,8	22,0
2	ВОВКП ВКГ «Вінницяводоканал, м.Вінниця	41,1	24,0
3	Ладижинська ТЕС	18,9	2,9
4	Рибгосп «Гірський Тікич», с.Бузівка, Жашківський р-н	11,3	8,5
5	Цех ВКГ і тепломереж м.Южноукраїнськ	5,8	4,6
6	КП «Первомайськводоканал»	5,0	-
7	Інгульська шахта	3,6	3,2
8	КП «Кропивницькводоканал»	3,5	2,7
9	УСГ Первомайський р-н	3,4	-
10	МКП «Хмельницькводоканал» м.Хмельницький	3,3	11,9
11	КП «Тепловодоканалізаційне господарство» м.Южноукраїнськ	3,3	-
12	ПП Гуменюк С.П. с.Пугачівка Жашківський р-н	3,2	2,7
13	Смолінська шахта смт.Смоліно	3,1	3,0
14	Старосинявський рибгосп ВАТ «Хмельницькрибгосп»	3,0	4,1
15	КП «Уманьводоканал»	-	3,0
16	Барський цех «Вінницярибгоспу»	-	2,7
17	Пиківський рибцех «Вінницярибгоспу» Калинівський р-н	-	2,7

2 ОГЛЯД ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ В СТВОРІ М.МИКОЛАЇВ

2.1 Опис методики дослідження

«З науково-практичної точки зору» [14-16] «корисним є пошук існування та оцінка тісноти взаємозв'язків між вмістом у воді окремих гідрохімічних характеристик. Це дозволяє підбирати аналітичні розрахункові залежності, проводити оперативну оцінку та прогноз якості води, автоматизувати обчислення стоку розчинених хімічних речовин. Вказані зв'язки існують не завжди, що залежить від складності умов формування хімічного складу річкових вод на водозборах, ступенем впливу високого рівня антропогенного навантаження, яке разом може змінювати природний гідрохімічний режим річок. Статистичні методи (кореляційний аналіз) застосовуються для пошуку, опису, моделювання основних гідрохімічних процесів під час гідрохімічних досліджень» [14-16].

«Подальший розвиток системи гідрохімічного моніторингу посилює вимоги до точності і рівня надійності інформації про якість вод. Підвищити достовірність інформації можливо шляхом встановлення закономірностей вмісту у воді окремих якісних показників поверхневих вод. Ці залежності використовують, зокрема, для гідрохімічного районування річок України.

В даній кваліфікаційній роботі для того, щоб здійснити оцінку зв'язків між гідрохімічними характеристиками був використаний математичний статистичний метод - кореляційний аналіз, який передбачає встановлення залежності між випадковими рядами (окремими вибірками або багатомірними групами гідрохімічних даних). Кількісним критерієм тісноти зв'язків між двома рядами вірогідних величин (що мають нормальний чи логнормальний розподіл) виступає коефіцієнт кореляції r_{xy} . Зв'язки з кореляцією $r_{xy} \geq 0,6$ вважаються достатньо тісними для розрахунків» [14-16].

Коефіцієнт кореляції (r_{xy}) між двома рядами гідрохімічних характеристик (х, у) обчислюють за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x \cdot \Delta y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta x^2 \cdot \sum_{i=1}^n \Delta y^2}}, \quad (2.1)$$

тут x_i, y_i – члени рядів, x_0, y_0 – середньоарифметичні значення.

Для «масових практичних кореляційних розрахунків зручною і найбільш вдалою є таблична форма запису отримуваних результатів, при дослідженні взаємної кореляції між гідрологічними і гідрохімічними характеристиками складають кореляційну матрицю, яка дозволяє здійснити аналіз між іонних зв'язків. Для проведення оцінки точності і вірності розрахункових коефіцієнтів парної кореляції r_{xy} проводять визначення середньоквадратичної похибки (m_r), яка за обсягу вибірки $n < 100$ розраховується по виразу:

$$m_r = \frac{1 - r_{xy}^2}{\sqrt{n - 2}}, \quad (2.2)$$

тут n – об'єм вибірки.

Для оцінки надійності коефіцієнта кореляції використовують статистику t-критерію Стюдента за виразом:

$$t = \frac{|r_{xy}|}{m_r}. \quad (2.3)$$

Висновок про достовірність досліджуваного лінійного зв'язку робиться» [14-16] для певних рівня значущості ($q=5\%$) і кількості ступенів свободи ν .

2.2 Аналіз вхідних даних

Для дослідження було взято пост р. Південний Буг - м. Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва частина морського порту, для якого часовий

ряд складає 9 років спостережень, починаючи з 2010 р. і закінчуючи 2018 р. Для дослідження були взяті 36 інгредієнтів: фізико-хімічні показники, головні іони, біогенні речовини, показники забруднення, важкі метали за допомогою яких виконуються оцінка якості води різними методами. Моніторинг якості води в досліджуваному пункті здійснює Регіональний офіс водних ресурсів у Миколаївській області.

За 2010-2018 рр. на посту моніторингу було відібрано та опрацьовано 36 проб води, відбиралось 4 проби води за рік (табл. 2.1).

Фізико-географічні умови басейну р. Південний Буг неоднорідні, тому хімічний склад води має сезонні зміни відповідно до обсягів водного стоку (передусім - його внутрішньорічного розподілу) та впливу антропогенної діяльності. Головними іонами у сольовому складі води річки виступають сульфат-іони, гідрокарбонат-іони, хлорид-іони, іони кальцію, магнію, натрію, калію, надходження яких у воду пов'язано, в основному, з процесами розчинення солей, котрі утворюють гірські породи, ґрунти, та з процесами іонного обміну, тощо.

Гідрокарбонат-іони присутні у річкових водах, які формуються і контактують з карбонатними породами (вапняки, доломіти) які переважають серед осадових порід. Вміст таких іонів у воді р. Південний Буг в створі контролю за 2010 – 2018 рр. складала від 226 до 354 мг/дм³.

Сульфат-іони потрапляють у воду внаслідок хімічного вивітрювання осадових порід, при окисненні сульфідів, при забрудненні (розклад стічних вод). За наявними даними спостережень ДАВРУ, вміст сульфат-іонів на посту р. Південний Буг – м.Миколаїв змінювався в межах 143 – 759 мг/дм³.

Хлорид-іони надходять в річки при розчиненні хлорвмісних гірських порід, скиданні промислових і господарсько-побутових стічних вод; хлориди містяться у водах р.Південний Буг у концентраціях від 365 до 5615 мг/дм³.

Іони кальцію і магнію потрапляють у поверхневі води при хімічному вивітрюванні гірських порід та зі стічними водами і містяться у воді р.Південний Буг в концентраціям 86-164 та 43 – 414 мг/дм³. Сумарний вміст солей кальцію і магнію дає показник жорсткості, який становив від 8,3 до 42 мг-екв/дм³.

Таблиця 2.1 – Межі коливань концентрацій гідрохімічних показників
р. Південний Буг – м. Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва
частина морського порту (2010-2018 рр., дані ДАВРУ), мг/дм³

Вміст		Середнє	Максимальне	Мінімальне
1	2	3	4	5
Температура	град.С	12,5	25	0
рН	од. рН	8,31	8,58	7,96
Прозорість	см	35,3	40	17
Мутність	мг/дм ³	3,40	8,36	0,323
Запах	Бали	1	1	1
Кольоровість	градуси	19,3	30,0	9,11
Зав.речовини	мг/дм ³	54,4	150	1,6
Амоній сол	мг/дм ³	0,178	1,27	0
Нітрити	мг/дм ³	0,084	0,382	0,015
Нітрати	мг/дм ³	18,5	133	0,26
Розч.кисень	мгО ₂ /дм ³	11,6	17,6	4,95
% насич. О ₂	%	106	172	53,8
Перм.окислюв.	мг О ₂ /дм ³	14,0	20,7	8,55
ХСК	мг О ₂ /дм ³	34,5	64,3	18,1
БСК ₅	мг О ₂ /дм ³	4,12	17,1	0,99
Жорсткість	мг-екв/дм ³	22,8	42	8,3
Сухий залишок	мг/дм ³	5659	11417	1194
Сульфати	мг/дм ³	448	749	143
Хлориди	мг/дм ³	2613	5615	365
Гідрокарбонати	мг/дм ³	272	354	226
Кальцій	мг/дм ³	121	164	86
Магній	мг/дм ³	202	414	42,6
Натрій	мг/дм ³	1660	3191	242

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Калій	мг/дм ³	70,6	151	11,9
Фосфати	мг/дм ³	0,289	0,769	0,025
Залізо заг.	мг/дм ³	0,183	0,297	0,051
Хром VI	мг/дм ³	0	0	0
Хром III	мг/дм ³	0	0	0
Мідь	мг/дм ³	0,007	0,035	0,002
Цинк	мг/дм ³	0,046	0,167	0
Нікель	мг/дм ³	0,023	0,068	0
Марганець	мг/дм ³	0,061	0,155	0
Кадмій	мг/дм ³	0	0	0
АПАР	мг/дм ³	0,072	0,184	0,01
Нафтопродукти	мг/дм ³	0,035	0,28	0

Іони натрію та калію надходять у поверхневі води з вивержених і осадових порід, з господарсько-побутовими і промисловими стічними водами, із зрошувальними водами з сільськогосподарських угідь. Їх вміст у водах р.Південний Буг складав 242-3191 та 12 – 151 мг/дм³ відповідно.

Мінералізація води р.Південний Буг в районі м.Миколаїв в гирлі підвищена і змінювалась від 1194 до 11417 мг/дм³.

Водневий показник (рН) має велике значення для хімічних та біологічних процесів у природних водах. Від рН залежить розвиток і життєдіяльність макрофітів, стійкість різних форм міграції елементів. Показник рН води р. Південний Буг був лужним і складав 7,96-8,58.

Вода р. Південний Буг в гирловій зоні біля м.Миколаїв протягом року має різну прозорість, що виражається в зміні прозорості від 17 до 40 см, мутності від 0,3 до 8,36 мг/дм³, вмісті зависей від 1,6 до 150 мг/дм³. Вміст у воді річки великої

кількості органічних, гумусових сполук (особливо в періоди зростання водності) визначає високі показники динаміки кольоровості води – від 9,1 до 30 градусів.

Режим розчиненого кисню у воді р.Південний Буг біля м.Миколаїв має значні добові, сезонні коливання і характеризується концентрацією від 4,95 до 17,6 мгО/дм³ або від 54 до 172 % насичення.

Наявність у річкових водах органічних речовин характеризують показники ПО, ХСК і БСК₅. Широкий діапазон зміни цих показників вказує, що у воді р.Південний Буг постійно є надлишок вмісту органічних речовин.

Біогенні речовини є важливими показниками якості води та стану водної екосистеми; вони визначають рівень розвитку гідробіонтів, трофність водойм, ступінь їх забруднення. Азот амонійний потрапляє у природні води разом з господарсько-побутовими і промисловими стічними водами, поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь, де широко застосовують мінеральні азотні добрива, вміст у воді р. Південний Буг цього показника складає від 0 до 1,3 мг/дм³. Азот нітритний міститься у воді річки в незначних концентраціях, від 0,015 до 0,38 мг/дм³. Концентрація нітратного азоту у воді р. Південний Буг змінювалась від 0,26 до 133 мг/дм³. Вміст фосфатних іонів у воді річки біля Миколаєва становив від 0,02 до 0,769 мг/дм³. Залізо загальне завжди присутнє у природних водах у невеликих концентраціях через низьку міграційну здатність. У воді р. Південний Буг в гирлі вміст заліза загального становив від 0,05 до 0,29 мг/дм³.

Щодо вмісту у водах р. Південний Буг важких металів можна побачити, що не виявлені хром і кадмій, а от вміст міді, цинку, нікелю, марганцю фіксується на рівні від аналітичного нуля до сотих часток мг/дм³. Це вказує, що ці речовини постійно потрапляють в річку при руйнуванні гірських порід, потраплянні промислових і сільськогосподарських стічних вод.

Вміст у водах р. Південний Буг забруднювальних речовин антропогенного походження (нафтопродукти, СПАР) є постійним, проте в невисоких концентраціях.

2.3 Аналіз отриманих результатів

За наявними даними спостережень ДАВРУ була складена кореляційна матриця за окремими гідрохімічними показниками р. Південний Буг біля м. Миколаїв за 2010 – 2018 рр. (табл 2.2). Аналіз показує, що існують багато корелятивно значимих зв'язків - 64 шт. За знаком чіткої тенденції не виявлено – є як прямі так і зворотні зв'язки. Найбільшою тісністю відзначаються зв'язки між парами головних іонів і мінералізацією і твердістю. На нашу думку, можна сказати, що режим змін концентрації головних іонів у воді р. Південний Буг в гирловій частині протягом року досить стабільний, отримані результати є цікавими і можливо потребують додаткового вивчення в майбутньому в межах магістерської роботи.

р. Південний Буг (2010-2018 рр.) – м. Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ за даними ДАВРУ

3 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ В СТВОРІ М. МИКОЛАЇВ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

3.1 Опис методик оцінки якості води (методи ІЗВ, КІЗ)

«Якість води – це характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретних потреб; сучасні методики оцінки якості поверхневих вод ґрунтуються на розрахунках показників стану водних об'єктів різного ступеню комплексності.

У гіdroхімічних методах, за допомогою яких оцінюється якість поверхневих вод, залежно від складу та кількості аналітичних даних виділяється декілька основних видів оцінки: одиничні, опосередковані (непрямі) та комплексні» [17].

Комплексні «оцінки включають:

- різні коефіцієнти забрудненості води (коефіцієнт комплексності забрудненості води, показники відносної тривалості та відносних обсягів забрудненого та чистого стоку, коефіцієнт забрудненості води, тощо);
- індекси забрудненості води (загальносанітарний індекс якості вод, комбінаторний індекс забрудненості води, тощо);
- класифікації якості води (орієнтовна класифікація якості води водойм, класифікація якості води водотоків за комбінаторним індексом забрудненості, тощо).

Коефіцієнти забрудненості води є найбільш абстрактними показниками, які найчастіше враховують невелику кількість елементів складного об'єкта комплексного оцінювання. Застосовуються коефіцієнти забрудненості води, комплексної забрудненості води, модульний коефіцієнт винесення забруднюючих речовин, показники відносної тривалості та відносних обсягів забрудненого та чистого водного стоку, тощо» [18].

«Індекс якості води - це узагальнена числова оцінка якості води за сукупністю основних показників та видів водокористування. Як правило, індекси є формалізованими показниками забрудненості води, що поєднують великі групи

натуральних показників, з більшим ступенем об'єктивності враховують особливості водного об'єкта і мають у зв'язку з цим складнішу структуру. Такі види комплексних оцінок забезпечують більш різнобічну та адекватну оцінку якості води. До них відносяться індекс якості води, комбінаторний індекс забруднення води, загальносанітарний індекс якості води, гідрохімічний індекс якості води, комплексна оцінка ступеня забруднення водойм токсичними речовинами, тощо» [17, 18].

«В останні 30 років у вітчизняній науковій літературі найбільшого практичного застосування набули метод індексу забруднення води (ІЗВ), питомий комбінаторний індекс забруднення води (ПКІЗ).

Метод ІЗВ» [17] «визнається легким за процедурою розрахунку, зручний у використанні при недостатній кількості вхідних даних. Розрахунок «класичного ІЗВ» проводиться за рибогосподарськими нормативами за шістьма гідрохімічними показниками (азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, БСК₅). За величинами розрахованих ІЗВ виконується оцінка якості води. При цьому виділяють сім класів якості води».

Метод ПКІЗ [17] «дозволяє використовувати для оцінки максимальну кількість показників якості та передбачає розрахунок коефіцієнту комплексності забруднення, міри стійкості забруднення, показника кратності перевищення ГДК забруднювальних речовин, питомого комбінаторного індексу забрудненості (ПКІЗ) як комплексного відносного показника ступеня забрудненості поверхневих вод (який умовно, у вигляді безрозмірного числа, оцінює частку забруднювального ефекту, яку в середньому вносить певний гідрохімічний інгредієнт, в загальну забрудненість води, що зумовлюється одночасною присутністю цілого ряду забруднювальних речовин). Безсумнівними перевагами даного методу є поєднання диференційованого та комплексного підходів до оцінки якості води, можливість виділення з всього переліку гідрохімічних показників особливо небезпечних пріоритетних забруднювачів (лімітуючи показників забрудненості води – ЛПЗ), які найбільше погіршують якість води.

Таким чином отримані за цією методикою результати оцінки якості води є найбільш повними і обґрунтованими.

Використання методу ПКІЗ з метою встановлення рівня якості води водних об'єктів передбачає проведення триступеневої класифікації» [17]:

- за ознаками повторюваності випадків забруднення;
- за кратністю перевищення нормативів ГДК;
- за характером забрудненості води окремими хімічними речовинами.

3.2 Аналіз отриманих результатів

За методом ІЗВ було обчислено якість вод річки Південний Буг в пункті м. Миколаїв за 2010 – 2018 рр. Як показав аналіз отриманих результатів по кожній пробі (рис. 3.1), повторюваність класів забруднення складала: II клас – 25% випадків, III клас – 58% випадків, IV клас – 14% випадків, V клас – 2,7% випадків.

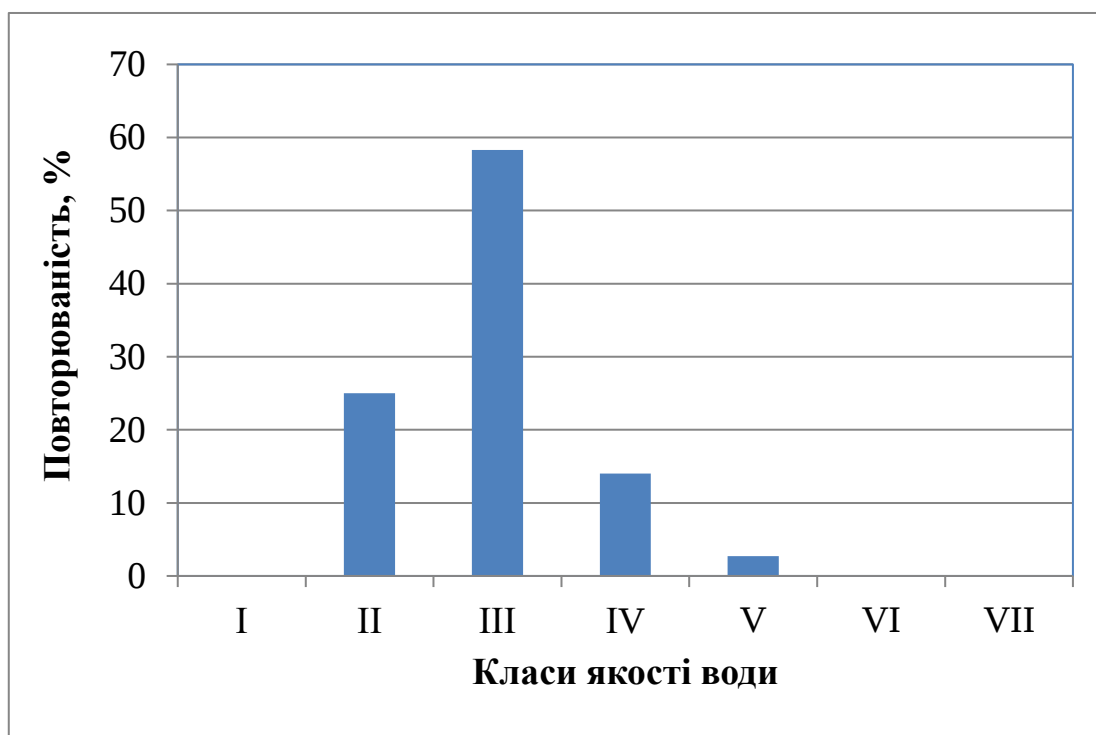


Рисунок 3.1 – Повторюваність різних класів забрудненості вод р.Південний Буг в районі м.Миколаїв за методом ІЗВ за 2010-2018 рр., дані ДАВРУ

Аналіз хронологічних тенденцій зміни показника ІЗВ за осередненими середньорічними даними поданий в табл. 3.1 і на рис 3.2. Було отримано, що абсолютні значення показника ІЗВ протягом дослідного періоду демонстрували незначну динаміку і в цілому ситуація по забрудненості відповідала III класу «помірно забруднена». Це означає, що води р. Південний Буг в гирловій частині можна за якісним станом віднести до таких. Що знаходяться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистеми річки.

Таблиця 3.1 – Середньорічні показники ІЗВ за 2010-2018 рр. по посту
р. Південний Буг – м. Миколаїв

Роки	ІЗВ	Клас якості
2010	1,81	III - помірно забруднена
2011	1,23	III - помірно забруднена
2012	2,15	III - помірно забруднена
2013	1,67	III - помірно забруднена
2014	1,02	III - помірно забруднена
2015	1,30	III - помірно забруднена
2016	1,80	III - помірно забруднена
2017	1,70	III - помірно забруднена
2018	2,03	III - помірно забруднена

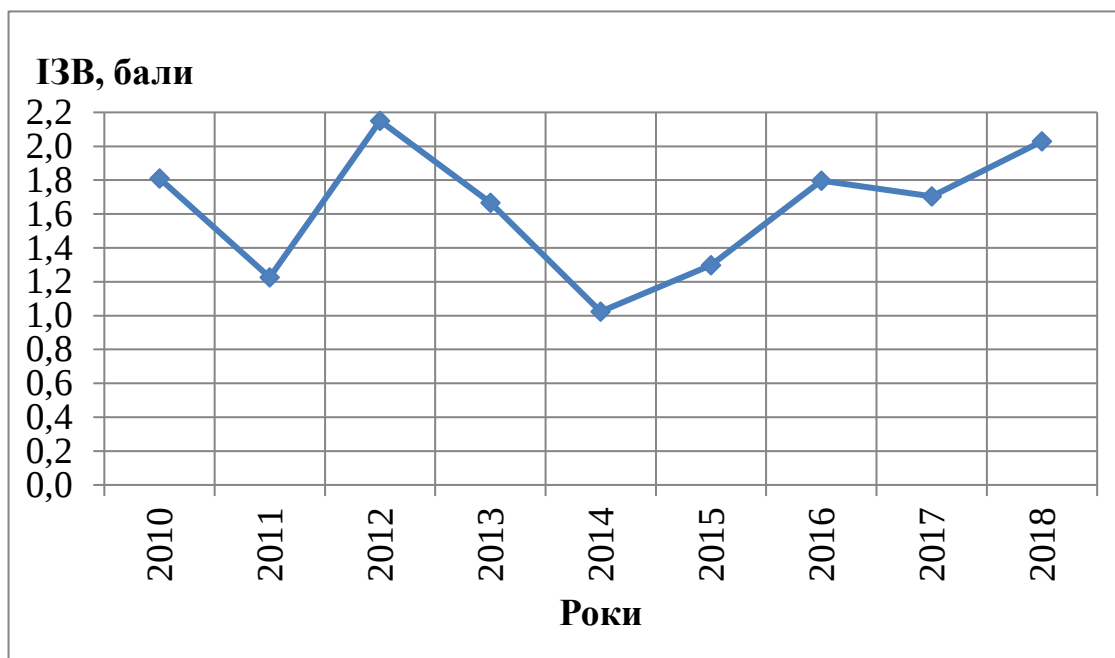


Рисунок 3.2 – Хрологічний графік змін якості вод за показником ІЗВ в період з 2010 по 2018 рр. по посту р. Південний Буг – м.Миколаїв

За методом ПКІЗ було здійснено статистичну оцінку якості води р. Південний Буг – м. Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕС, ліва сторона морського порту за період 2010 – 2018 рр. за рибогосподарськими нормами ГДК (табл 3.2). Було отримано, що в цілому за цей період з 21 показника для 17 відзначались випадки перевищень ГДК різної інтенсивності, тому показник комплексності забруднення склав 81%.

За окремими показниками рівень забруднення води, згідно отриманих оцінних індивідуальних балів S_i розподілився так:

- за вмістом розчиненого кисню, кальцію, азоту амонійного, фосфатів, СПАР, хрому фіксувалась «одинична забрудненість низького рівня», вода «слабо забруднена»;
- за вмістом нафтопродуктів і міді фіксувалась «нестійка забрудненість низького рівня», вода «забруднена»;
- за вмістом азоту нітратного фіксувалась «нестійка забрудненість середнього рівня», вода «брудна»;

- за вмістом калію, ХСК, БСК₅ фіксувалась «характерна забрудненість низького рівня», вода «брудна»;
- за вмістом магнію, сульфатів, хлоридів, мінералізації, азоту нітритного, заліза, цинку, марганцю фіксувалась «характерна забрудненість середнього рівня», вода «дуже брудна»;
- вміст натрію відповідає «характерній забрудненості високого рівня», вода «недопустимо брудна» (це – речовина ЛПЗ) .

В цілому якість води р. Південний Буг відповідала показнику КІЗ 102 балів, ПКІЗ – 4,85 балів, що з врахуванням однієї речовини ЛПЗ (натрій) вказує на приналежність досліджуваного водного об'єкта до IVa класу якості води («дуже брудна») і непридатність її вод для безпечного ведення рибництва, в усякому разі – вирощування прісноводних видів риби.

Таблиця 3.2 – Оцінка якості води р. Південний Буг - м. Миколаїв, 0,5 км від гирла, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва частина морського порту (2010-2018 рр.) за методом ПКІЗ за рибогосподарськими нормами ГДК

n=21; n'=17; K=81%; KІЗ=102; ПКІЗ=4,85; клас якості IVa - "дуже брудна"

Показник	[O ₂]	[Ca ²⁺]	[Mg ²⁺]	[Na ⁺]	[K ⁺]	[SO ₄ ²⁻]	[Cl ⁻]	ΣM	[NO ₂ ⁻]	[NO ₃ ⁻]	[NH ₄ ⁺]
ГДК, мг/дм ³	6	180	40	120	50	100	300	1000	0,02	9,1	0,39
N	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
N'	1	0	36	36	22	36	36	36	32	8	3
H _i	2,8	0	100	100	61,1	100	100	100	88,9	22,2	8,3
Оцінні індекси	1	1	4	4	4	4	4	4	4	2	1
K _i	0,56	0,67	5,04	13,8	1,41	4,48	8,71	5,66	4,22	2,03	0,46
Оцінні індекси	1	1	2	3	1	2	2	2	2	2	1
Оцінні бали S _i	1	1	8	12	4	8	8	8	8	4	1
Показник	[P _{min}]	[Fe _{заг}]	НП	[ХСК]	[БСК ₅]	СПАР	[Cu]	[Zn]	[Cr(VI)]	[Mn]	
ГДК, мг/дм ³	1	0,05	0,05	20	2,25	0,2	0,01	0,01	0,001	0,01	
N	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
N'	0	36	7	35	26	0	5	35	0	32	
H _i	0	100	19,4	97,2	72,2	0	13,9	97,2	0	88,9	
Оцінні індекси	1	4	2	4	4	1	2	4	1	4	
K _i	0,29	3,66	0,69	1,72	1,83	0,36	0,73	4,57	0	6,1	
Оцінні індекси	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	
Оцінні бали S _i	1	8	2	4	4	1	2	8	1	8	

4 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ В СВОРІ М. МИКОЛАЇВ

4.1 Опис методики дослідження

«Метод екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [17] «був розроблений і затверджений в 1998 р. як міжвідомчий керівний документ і мав на меті забезпечити дотримання природоохоронних вимог і встановлення екологічних пріоритетів стосовно поверхневих вод суші та естуаріїв України, а також гармонізувати українське і європейське природоохоронне законодавство і стандартів стосовно водної політики і поліпшення якості поверхневих вод. Екологічна оцінка якості вод дає інформацію про воду як складову водної екосистеми, життєве середовище гідробіонтів і важливу частину природного середовища людини» [17].

«Характеристика якості поверхневих вод дається на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за комплексом гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних та інших показників, які відображають особливості абіотичної і біотичної складових водних екосистем. Встановлення приналежності екологічного стану водного об'єкта до певного класу (категорії) передбачає проведення ряду етапів: 1) групування і обробки вихідних даних в межах трьох блоків (блоку сольового складу, блоку трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників, блоку показників вмісту і біологічної дії специфічних речовин); 2) визначення класів і категорій якості води за окремими показниками (середні і найгірші значення кожного показника зіставляються з відповідними критеріями якості води, визначаються категорії якості води за окремими показниками); 3) узагальнення оцінок якості води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) по окремих блоках з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води; 4) етап визначення об'єднаної оцінки якості води (з визначенням класів і категорій) для водного об'єкта за певний період спостережень» [17].

В «межах трьох блоків за середніми і найгіршими значеннями розраховують такі індекси: індекс компонентів сольового складу ($I_{1\text{сер}}, I_{1\text{макс}}$), трофо-сапробіологічний індекс ($I_{2\text{сер}}, I_{2\text{макс}}$), індекс показників токсичної і радіаційної дії ($I_{3\text{сер}}, I_{3\text{макс}}$). Для отримання підсумкової оцінки за методикою [17] обчислюється інтегральний (екологічний) індекс (I_e) за формулою» [17]:

$$I_e = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3}, \quad (4.1)$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;

I_2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників;

I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

4.2 Аналіз результатів екологічної оцінки якості води

Екологічна оцінка якості вод р. Південний Буг за період 2010-2018 рр. за даними ДАВРУ здійснювалась згідно етапів методики, за середніми і найгіршими значеннями показників в межах відповідних блоків. Отримані результати узагальненої екологічної оцінки якості води р. Південний Буг за період 2010-2018 рр. (табл. 4.2) свідчать, що за середніми і найгіршими значеннями показників за мінералізацією вода річки належала до солонуватих мезогалинних, за іонним складом набувала хлоридний клас, групу натрію, III типу. В обох випадках серед блокових індексів найбільше погіршує якість вод індекс еколого-санітарного блоку. Тобто, у воді р. Південний Буг надто високі концентрації сполук азоту, фосфору, органічної забрудненості, досить нестабільний кисневий режим і рН. За інтегральною оцінкою, за досліджуваний період води р. Південний Буг в створі м.Миколаїв по середнім значенням показників набувають III клас, 4 категорія і за станом-чистотою оцінюються як «задовільні-слабо забруднені». За найгіршими значеннями показників ситуація відповідає IV класу, 6 категорії і за станом-чистотою води р. Південний Буг оцінюються як «погані-брудні».

Таблиця 4.1 – Середні і найгірші значення показників р. Південний Буг – м. Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва сторона морського порту, 2010-2018 рр., дані ДАВРУ

Показник	Одиниці	2010-2018 рр.	
		сер	найг
Сухий залишок	мг/дм ³	5659	11417
Кальцій	мг/дм ³	121	164
Магній	мг/дм ³	202	414
Натрій	мг/дм ³	1660	3191
Калій	мг/дм ³	70,6	151
Гідрокарбонати	мг/дм ³	272	354
Сульфати	мг/дм ³	448	749
Хлориди	мг/дм ³	2613	5615
Завислі речовини	мг/дм ³	54,4	150
рН	од. рН	8,31	8,58
Амоній сольовий	мг/дм ³	0,178	1,27
Нітрити	мг/дм ³	0,084	0,382
Нітрати	мг/дм ³	18,5	133
Фосфати	мг/дм ³	0,289	0,769
Розчинений кисень	мгО ₂ /дм ³	11,6	4,95
Розчинений кисень	% насичення	106	53,8
Перманганатна окислюваність.	мг О ₂ /дм ³	14,0	20,7
ХСК	мг О ₂ /дм ³	34,5	64,3
БСК ₅	мг О ₂ /дм ³	4,12	17,1
Кадмій	мг/дм ³	0	0
Мідь	мг/дм ³	0,007	0,035
Цинк	мг/дм ³	0,046	0,167
Хром VI	мг/дм ³	0	0
Нікель	мг/дм ³	0,023	0,068
Залізо загальне	мг/дм ³	0,183	0,297
Марганець	мг/дм ³	0,061	0,155
Нафтопродукти	мг/дм ³	0,035	0,28
АПАР	мг/дм ³	0,072	0,184

Таблиця 4.2 – Узагальнена екологічна оцінка якості вод р. Південний Буг – м.Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва торона морського порту, 2010-2018 рр., дані ДАВРУ

Екологічна класифікація		2010-2018 рр.	
		середні	найгірші
Класифікація за мінералізацією	клас	II (солонуваті)	II (солонуваті)
	категорія	4 (α-мезогалінні)	4 (α-мезогалінні)
Класифікація за іонним складом	клас/група/тип	Cl / Na / III	Cl / Na / III
Сольовий блок	I / Cl / SO ₄	7 / 7 / 7	7 / 7 / 2
	I ₁	5,33	5,33
Еколого-санітарний блок	ЗР/ рН/	6 / 4	7 / 5
	NH ₄ / NO ₂ / NO ₃	2 / 6 / 7	5 / 6 / 7
	P _{min}	6	7
	O ₂ (мг) / O ₂ (%)	1 / 2	6 / 6
	ПО	5	6
	БО	5	7
	БСК ₅	5	7
	I ₂	4,45	6,45
Специфічні речовини токсичної дії	Cd	1	1
	Cu	4	6
	Zn	4	6
	Cr	1	1
	Ni	5	6
	Mn	4	5
	Fe	4	4
	НП	3	6
	СПАР	5	6
	I ₃	3,44	4,56
Інтегральна оцінка	I _e	4,41	5,45
	клас	III (4)	IV(6)
	стан	задовільні	погані
	чистота	слабо забруднені	брудні
	Трофність	евтрофні	Політрофні
	Сапробність	β"-мезосапробні	α"-мезосапробні

Таблиця 4.3 – Екологічна оцінка якості вод р. Південний Буг – м.Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ,
ліва сторона морського порту, 2010 – 2018 рр.

Рік	Показники	Блокові індекси			Інтегральна екологічна оцінка якісного стану					
		I ₁	I ₂	I ₃	I _e	Клас (категорія)	стан	чистота	трофність	сапробність
2010	сер	5,00	4,73	3,33	4,35	III (4)	задовільні	слабко забруднені	евтрофні	β''-мезосапробні
	найг	5,33	5,64	3,67	4,88	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
2011	сер	5,33	4,64	2,91	4,29	III (4)	задовільні	слабко забруднені	евтрофні	β''-мезосапробні
	найг	5,33	5,00	4,00	4,78	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
2012	сер	5,33	4,73	3,78	4,61	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
	найг	5,33	5,55	4,22	5,03	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
2013	сер	5,33	4,45	3,44	4,41	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
	найг	5,33	6,09	4,11	5,18	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
2014	сер	5,00	4,36	3,44	4,27	III (4)	задовільні	слабко забруднені	евтрофні	β''-мезосапробні
	найг	5,33	4,73	3,78	4,61	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
2015	сер	5,33	4,45	3,22	4,34	III (4)	задовільні	слабко забруднені	евтрофні	β''-мезосапробні
	найг	5,33	5,09	3,67	4,70	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
2016	сер	5,33	4,27	3,33	4,31	III (4)	задовільні	слабко забруднені	евтрофні	β''-мезосапробні
	найг	5,33	5,27	3,33	4,65	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
2017	сер	5,33	4,27	2,89	4,16	III (4)	задовільні	слабко забруднені	евтрофні	β''-мезосапробні
	найг	5,33	5,55	3,33	4,74	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні
2018	сер	5,33	4,45	2,89	4,23	III (4)	задовільні	слабко забруднені	евтрофні	β''-мезосапробні
	найг	5,33	5,45	3,33	4,71	III (5)	посередні	помірно забруднені	ев-політрофні	α'-мезосапробні

Якщо подивитись на результати по окремим рокам (табл. 4.3), то видно, що ситуація неоднорідна: в окремі роки якість вод може належати до різних класів, серед блокових індексів лідирує I_1 (блок показників сольового складу).

Щодо хронологічних тенденцій зміни екологічних індексів, на рис. 4.1 можна побачити, що динаміка індексів по середнім і максимальним значенням показників в цілому синхронна без вираженої тенденції.

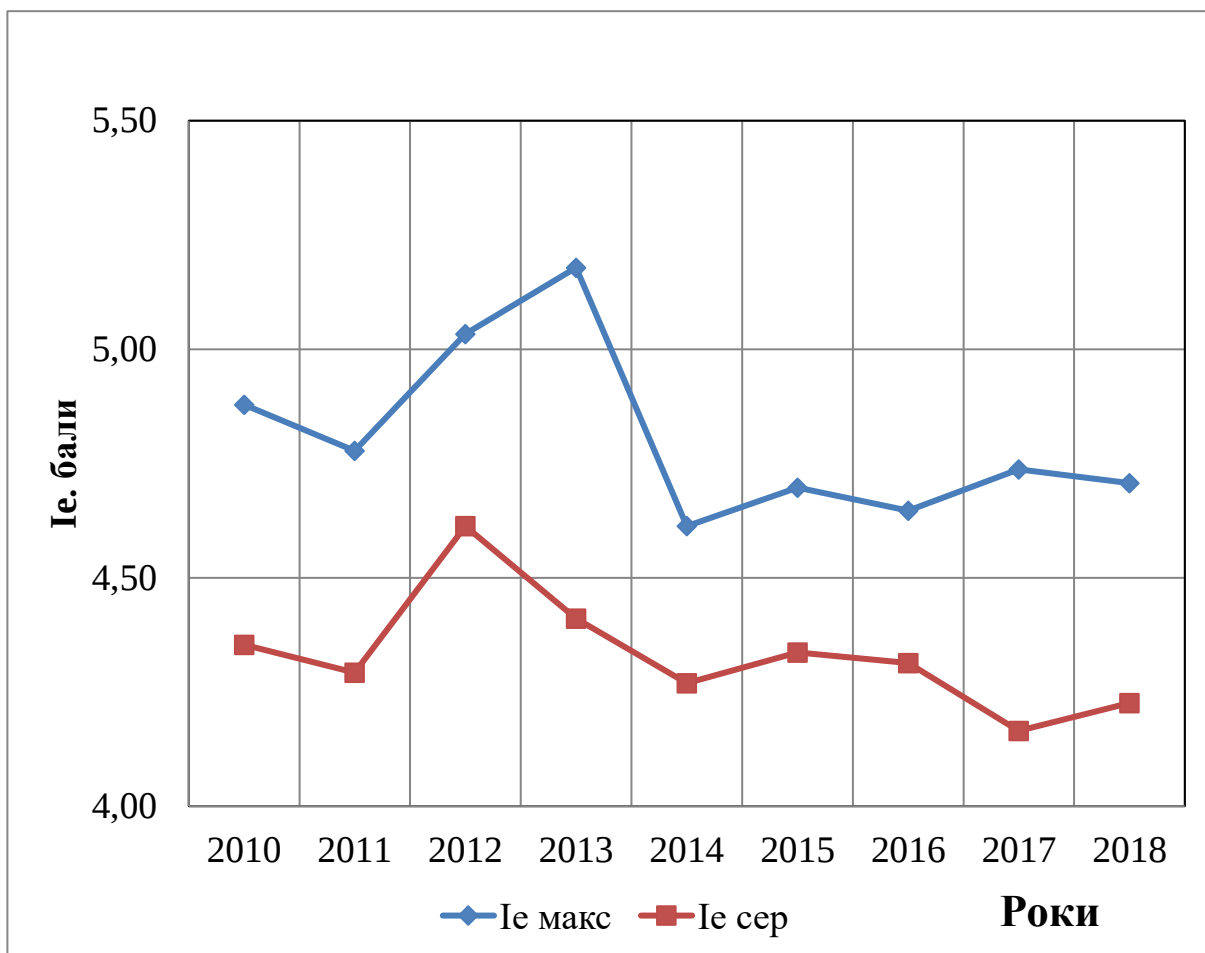


Рисунок 4.1 – Хронологічний графік зміни інтегральних екологічних індексів якості води р. Південний Буг – м. Миколаєва, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва сторона морського порту, дані ДАВРУ, 2010-2018 рр.

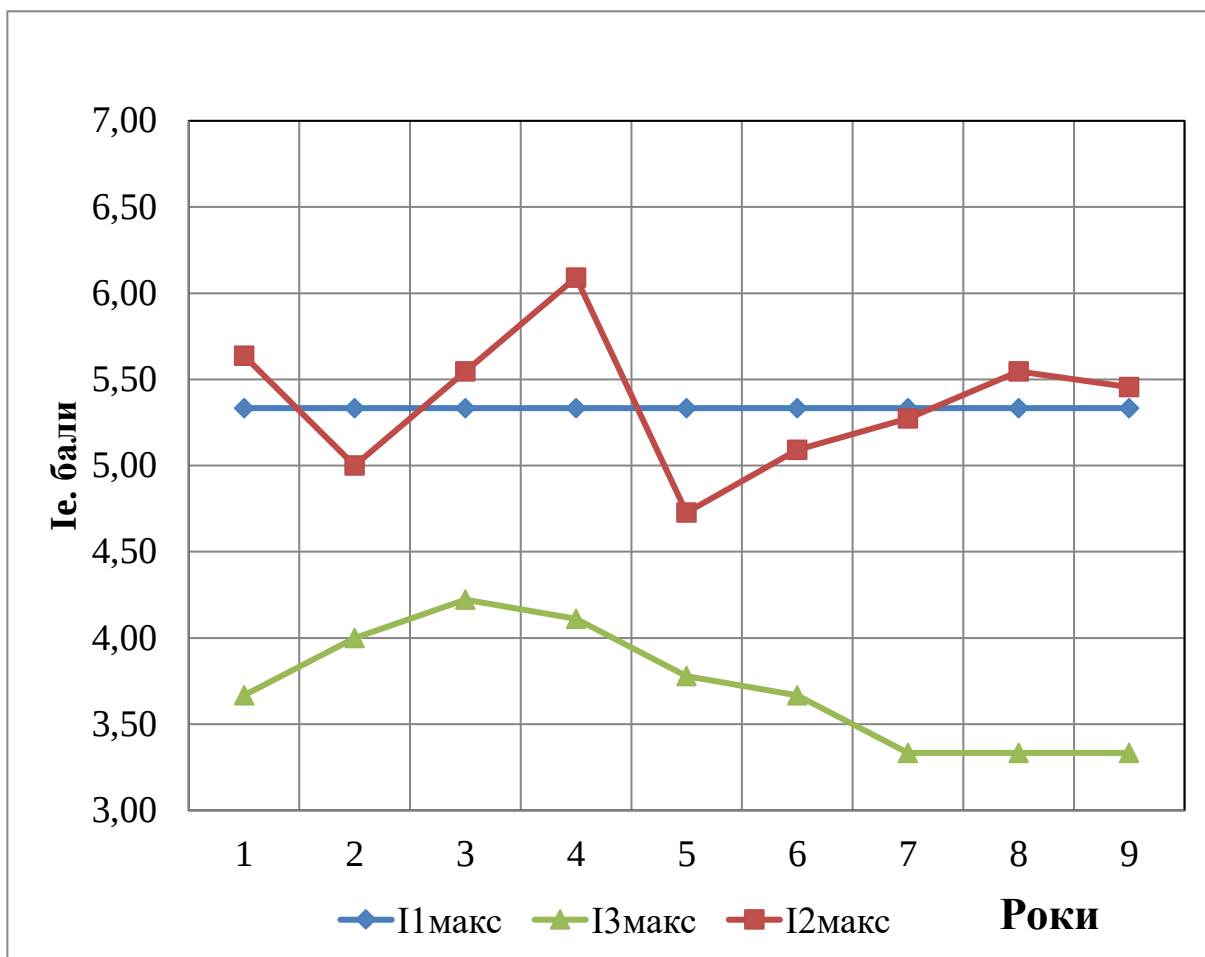


Рисунок 4.2 – Хронологічний графік зміни блокових екологічних індексів якості вод р. Південний Буг – м. Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕС, ліва сторона морського порту, дані ДАВРУ в 2010-2018 рр. (найгірші значення показників)

Стосовно блокових екологічних індексів за найгіршими показниками (рис 4.2) – відзначимо сталість значень індексу блоку показників сольового складу $I_{1\text{макс}}$, деяке зниження індексу блоку показників токсичної та радіаційної дії $I_{3\text{макс}}$, різкі зміни значень індексу блоку трофо-сапробіологічних показників $I_{2\text{макс}}$.

Якщо говорити в цілому, то по середнім значенням блокових індексів (рис. 4.3) екологічний стан р. Південний Буг в гирловій частині демонструє сталість та перевагу індексу блоку показників сольового стану $I_{1\text{сер}}$, певну тенденцію на зниження індексу блоку трофо-сапробіологічних показників $I_{2\text{сер}}$, різкі коливання по індексу блоку специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

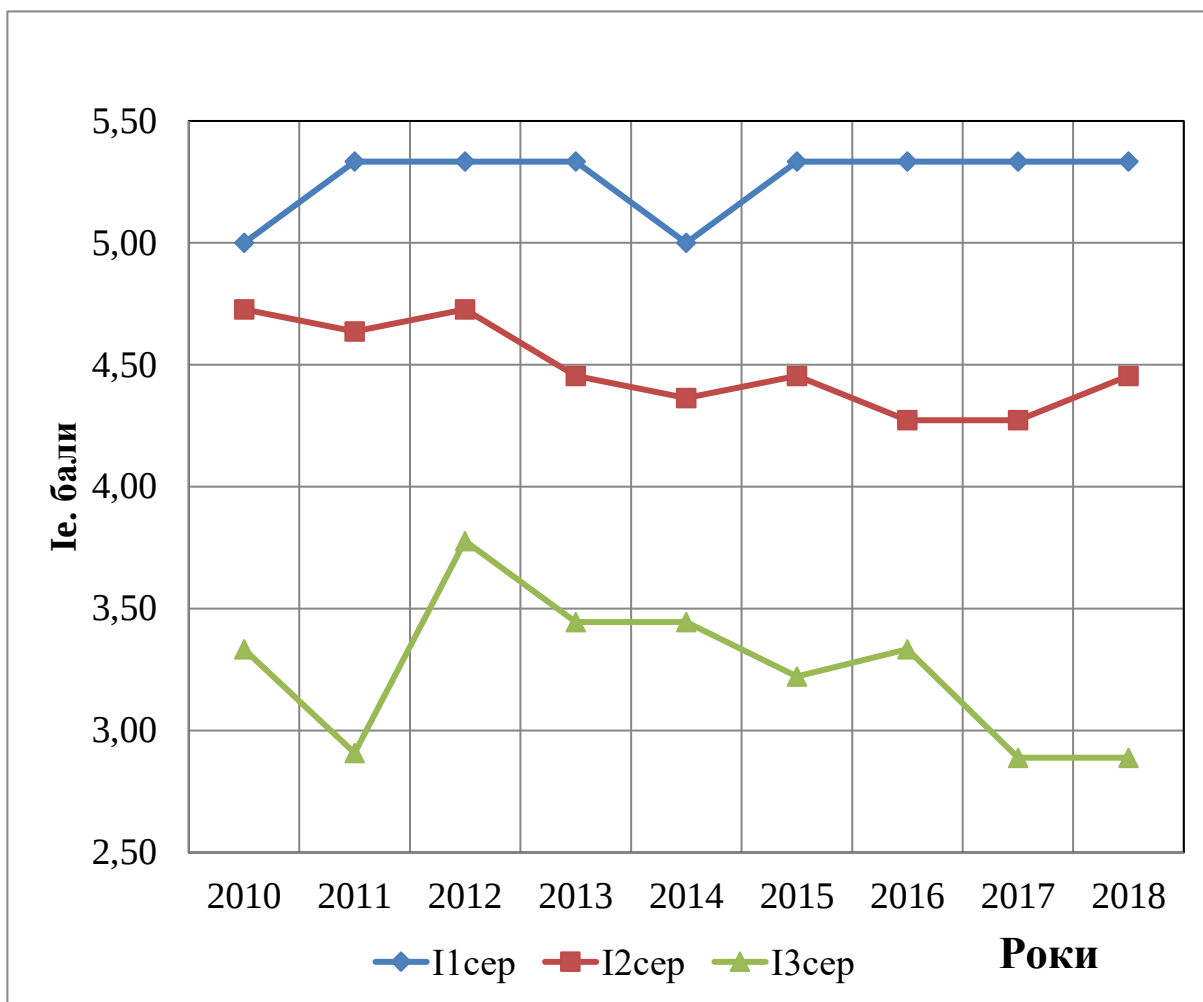


Рисунок 4.3 – Хронологічний графік зміни блокових екологічних індексів якості вод р. Південний Буг – м. Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва сторона морського порту за даними ДАВРУ в 2010-2018 рр. (середні значення показників)

Таким чином, сучасний гідроекологічний стан р. Південний Буг в гирловій частині біля м.Миколаїв можна оцінити як незадовільний. Проблемою є високий вміст у воді головних іонів, біогенних речовин, органічного забруднення. Причини цих проблем очевидні – кліматичні зміни (зміна кількості і режиму випадіння опадів, зростання випаровування і посушливості взагалі, тотальне зарегулювання стоку і ускладнений водообмін у створених водоймах, загальна тенденція до збереження високого рівня забрудненості вод річки Південний Буг стічним водами які здебільшого не проходять повну очистку та й очистку взагалі.

Внаслідок цього маємо негативний результат оцінки екологічного стану річки в передвоєнний період. Дуже сумнівно, що після початку повномасштабної війни ситуація поліпшилась. Це вимагає уваги всіх зацікавлених сторін (органи державної влади, водокористувачі) до питань підтримки оптимального і комплексного використання ресурсів річки Південний Буг сьогодні і в майбутньому.

5 ОЦІНКА РИЗИКІВ НЕДОСЯГНЕННЯ ДОБРОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ Р.ПІВДЕННИЙ БУГ В ГИРЛОВІЙ ЗОНІ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

5.1 Опис методики дослідження

Згідно «Водної Рамкової Директиви (ВРД) ЄС (ВРД ЄС 2000/60/ЄС, 2006; Directive 2000/60/EC, 2000) для кожного з основних річкових басейнів України має бути розроблений план управління, метою якого є досягнення у встановлені строки екологічних цілей – “доброго” екологічного стану масивів поверхневих та підземних вод, а також “доброго” екологічного потенціалу штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод» [19,20].

З «метою впровадження задач співробітництва ЄС та України в сфері охорони природного навколишнього середовища й у відповідності до пункту 2 частини другої статті 132 Водного кодексу України, пункту 6 постанови Кабінету Міністрів України від 18 травня 2017 р. № 336 були розроблені «Методичні рекомендації щодо визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод». Ці методичні рекомендації були схвалені науково-технічною радою Держводагенства у 2018 році [19, 20]. Критерієм оцінки основних антропогенних навантажень на стан поверхневих вод або масивів поверхневих вод (МПВ) є визначення ризику недосягнення екологічних цілей. В залежності від якісних або кількісних показників антропогенних навантажень виділено 3 категорії наслідків антропогенного впливу: «без ризику»; «можливо під ризиком»; «під ризиком». Результати оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів є основою для розроблення та виконання програми заходів для досягнення екологічних цілей» [19,20].

За «даними гідрохімічного моніторингу, річка Південний Буг є забрудненою і знаходиться під впливом високого антропогенного навантаження (води річки сильно забруднені господарсько-побутовими і промисловими водами). Наявність

значних об'ємів скидів обумовлює неприпустимо високий вміст у водах річки органічних, а в багатьох випадках і токсичних речовин. Основними забруднювальними речовинами є біогенні речовини (сполуки азоту та фосфору). Високий і стійкий у часі рівень забруднення вказує на слабку ефективність роботи відповідних очисних споруд.

Згідно представленої методики» [19, 20], «одним з етапів є дослідження впливу антропогенних навантажень на стан поверхневих вод на основі оцінки ризику недосягнення екологічних цілей за хімічними та фізико-хімічними показниками. Отримані кількісні показники антропогенного навантаження порівнюються із пороговими (критичними значеннями, в залежності від яких встановлюється ступінь ризику). Такий підхід відповідає світовій практиці» [21, 22]. Критерії оцінки ризику щодо антропогенного навантаження для хімічних та фізико-хімічних показників визначаються за двома категоріями ризику: «під ризиком» та «без ризику». Порогові значення хімічних та фізико-хімічних показників наведені в табл. 5.1. Перевищення порогових значень показників / індикаторів показує, що розглядуваний масив поверхневих вод підпадає під ризик недосягнення екологічних цілей (для розчиненого кисню – навпаки).

Таблиця 5.1 – Критерії ризику для хімічних,
фізико-хімічних показників [19, 20]

Річки	Оксиген* (%насичення)	<i>BCK5</i> ** мг/дм ³	<i>NH₄</i> ** мг/дм ³	<i>NH₄</i> *** мг/дм ³	<i>PO₄</i> *** мг/дм ³	<i>pH</i>
Малі	75	5	0,4	0,15	0,2	6,5-8,5
Середні	70	6	0,6	0,2	0,3	
Великі	60	7	0,8	0,3	0,4	

Примітка: *10% процентиль – всі сезони, порівняльні умови вимірювання, щонайменше 12 вимірювань; **90% процентиль – всі сезони, репрезентативні умови, щонайменше 12 вимірювань; *** - середньорічне значення.

Процентиль є ймовірністю того, що випадкова величина X буде менше заданого x , що записується у виді $p(X < x)$. Процентиль P пов'язана із забезпеченістю випадкової величини $P(x)$ таким чином: $P=1-P(x)$.

5.2 Аналіз отриманих результатів

Для оцінки ризиків щодо антропогенного навантаження для хімічних та фізико-хімічних показників р. Південний Буг в гирловій зоні в районі м.Миколаїв в довоєнний період за даними гідрохімічних спостережень з 2010 по 2018 рр. було складено таблицю 5.2 (враховуючи що в даному випадку річка відноситься до категорії «великі»).

«Аналіз отриманих даних показує, що для річки виникає ризик недосягнення екологічних цілей через надвисокий вміст у воді органічних речовин за БСК₅. для якого відповідне фактичне значення перевищило критичне. Натомість за іншими показниками (РН, кисень, амоній сольовий, фосфати) даний МПВ знаходиться в категорії «без ризику» антропогенного навантаження.

Забруднення води органічними речовинами свідчить про наявність точкових джерел неочищених комунальних стічних вод, що може бути спричинено відсутністю та неналежною роботою очисних споруд в досліджуваних МПВ. Слід зазначити, що запропонована методика не враховує в себе внесок у забруднення вод річки іншими речовинами, вміст яких за результатами оцінки якості води методом ПКІЗ для рибогосподарських норм значно перевищує ГДК (у даному випадку – це показники сольового складу), не враховує ефект їх сумарної дії, що може призвести до хибних висновків щодо статусу МПВ, особливо в промислово розвинутих зонах. У зв'язку із зазначеним методика» [19, 20] потребує подальшого доопрацювання.

Таблиця 5.2 – Оцінка ризиків щодо антропогенного навантаження для хімічних та фізико-хімічних показників за даними моніторингу р. Південний Буг в створі м. Миколаїв, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва сторона морського порту за даними спостережень ДАВРУ, 2010 - 2018 рр.
(* – 10% процентиль; ** – 90% процентиль; *** – середньорічне значення).

Показник	Фактичні значення	Критичні значення	Оцінка ризику
Оксиген* (%насичення)	74	60	«без ризику»
$BCK5^{**}$, мг/дм ³	7,03	7	«під ризиком»
NH_4^{**} , мг/дм ³	0,34	0,8	«без ризику»
NH_4^{***} , мг/дм ³	0,178	0,3	«без ризику»
PO_4^{***} , мг/дм ³	0,289	0,4	«без ризику»
pH , мг/дм ³	7,96-8,31	6,5-8,5	«без ризику»

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра було зроблено оцінку якісного стану річки Південний Буг, зокрема в передвоєнний період (за даними до 2022 р.) шляхом поетапної оцінки якості води та ризиків антропогенного забруднення вод р. Південний Буг за гідрохімічними показниками на основі даних спостережень в створі м. Миколаїв підрозділами Державного агентства водних ресурсів України (ДАВРУ) за довоєнний період.

В якості вхідних даних було використано матеріали багаторічних гідрохімічних спостережень стану р. Південний Буг – м. Миколаїв, 0,5 км від гирла, технічний водозабір Миколаївської ТЕЦ, ліва частина морського порту за період 2010 – 2018 рр. (36 показників, 36 проб).

За наявними даними була складена кореляційна матриця за окремими гідрохімічними показниками, виявлено існування великої кількості корелятивно значимих зв'язків - 64 шт. Найбільшою тісністю відзначаються зв'язки між парами головних іонів і мінералізацією і твердістю. На нашу думку, можна сказати, що режим змін концентрації головних іонів у воді р. Південний Буг в гирловій частині протягом року досить стабільний, отримані результати є цікавими і можливо потребують додаткового вивчення в майбутньому в межах магістерської роботи.

Результати оцінки якості вод р.Південний Буг за методом ІЗВ було встановлено повторюваність класів забруднення (II клас – 25% випадків, III клас – 58% випадків, IV клас – 14% випадків, V клас – 2,7% випадків). Аналіз зміни показника ІЗВ за середньорічними даними показав, що показника ІЗВ демонструє незначну динаміку і в цілому ситуація по забрудненості відповідала III класу «помірно забруднена». Це означає, що води р. Південний Буг в гирловій частині можна за якісним станом віднести до таких. Що знаходяться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистеми річки.

За методом ПКІЗ було отримано, що якість води р. Південний Буг – м. Миколаїв відповідала показнику КІЗ 102 балів, ПКІЗ – 4,85 балів, що з врахуванням однієї речовини ЛОЗ (натрій) вказує на приналежність досліджуваного водного об'єкта до IVа класу якості води («дуже брудна») і непридатність її вод для безпечного ведення рибництва, в усякому разі – вирощування прісноводних видів риби.

Результати узагальненої екологічної оцінки якості води р. Південний Буг за період 2010-2018 рр. свідчать, що за середніми і найгіршими значеннями показників за мінералізацією вода річки належала до солонуватих мезогалинних, за іонним складом набувала хлоридний клас, групу натрію, III типу. В обох випадках серед блокових індексів найбільше погіршує якість вод індекс еколого-санітарного блоку. Тобто, у воді \ р. Південний Буг надто високі концентрації сполук азоту, фосфору, органічної забрудненості, досить нестабільний кисневий режим і рН. За інтегральною оцінкою, за досліджуваний період води р. Південний Буг в створі м. Миколаїв по середнім значенням показників набувають III клас, 4 категорія і за станом-чистотою оцінюються як «задовільні-слабо забруднені». За найгіршими значеннями показників ситуація відповідає IV класу, 6 категорії і за станом-чистотою води р. Південний Буг оцінюються як «погані-брудні».

Таким чином, сучасний гідроекологічний стан р. Південний Буг в гирловій частині біля м.Миколаїв можна оцінити як незадовільний. Проблемою є високий вміст у воді головних іонів, біогенних речовин, органічного забруднення. Причини цих проблем очевидні – кліматичні зміни (зміна кількості і режиму випадіння опадів, зростання випаровування і посушливості взагалі, тотальне зарегулювання стоку і ускладнений водообмін у створених водоймах, загальна тенденція до збереження високого рівня забрудненості вод річки Південний Буг стічним водами які здебільшого не проходять повну очистку та й очистку взагалі. Внаслідок цього маємо негативний результат оцінки екологічного стану річки в передвоєнний період. Дуже сумнівно, що після початку повномасштабної війни ситуація поліпшилась. Це вимагає уваги всіх зацікавлених сторін (органи

державної влади, водокористувачі) до питань підтримки оптимального і комплексного використання ресурсів річки Південний Буг сьогодні і в майбутньому.

Оцінка ризиків щодо антропогенного навантаження для хімічних та фізико-хімічних показників р. Південний Буг в гирловій зоні в районі м.Миколаїв в довоєнний період за даними гідрохімічних спостережень з 2010 по 2018 рр. показує, що для річки виникає ризик недосягнення екологічних цілей через надвисокий вміст у воді органічних речовин за БСК₅. для якого відповідне фактичне значення перевищило критичне. Натомість за іншими показниками (РН, кисень, амоній сольовий, фосфати) даний МПВ знаходиться в категорії «без ризику» антропогенного навантаження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ: Вінол, 2000. – 76 с.
2. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-центр, 2003. – 324 с.
3. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України. Довідковий посібник. Київ: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
4. Екологічний атлас басейну річки Південний Буг / Мокін В.Б., Крижановський Є.М., Гончар Н.М., Розводюк О.В.: за ред. Ю.С. Гаврикова, Г.Б. Марушевського. Вінниця: басейн. упр. водними ресурсами річки Південний Буг, Чорномор. прогр. Ветландс Інтернешнл. 2009. – 19 с.
5. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу / Хільчевський В.К., Чунарьов О.В., Ромась М.І. та ін.; за ред. В.К. Хільчевського. Київ: Ніка-Центр, 2009. – 184 с.
6. Хільчевський В.К., Ромась М.І. Чунарьов О.В. Південний Буг - водогосподарська діяльність у басейні та оцінка впливу Південно-Української АЕС на водні ресурси. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. 2006. Том 10. С. 58 - 65.
7. До методики визначення мінімальних витрат води річок різної забезпеченості / Ромась М.І. та ін. *Фізична географія і геоморфологія*. 2003. Вип. 44. С. 221-227.
8. Вишневський В.І. Районування території України за особливостями використання річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2003. Т. 5. С. 42-49.
9. Водне господарство України: сучасний стан та перспективи розвитку / Дорогунцов С.І., Хвесик М.А., Головинський І.Л. та ін. Київ: РВПС України НАН України, 2002. – 56 с.
10. Водне господарство в Україні / за ред. А.В.Яцика, В.М.Хорєва. Київ: Генеза, 2000. – 456 с.

11. Хільчевський В.К., Ромась М.І., Чунарьов О.В. Південний Буг - водогосподарська діяльність у басейні та оцінка впливу Південно-Української АЕС на водні ресурси. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. 2006. Том 10. С. 58 - 65.
12. Ромась М.І., Чунарьов О.В. Особливості водокористування та гідроекологічні умови водних об'єктів Південно-Українського енергокомплексу. *Вісник Харківського національного Університету імені В.Н. Каразіна*. 2007. № 758. С. 53.
13. Регіональна гідрохімія України: підручник / Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. та ін. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 343 с.
14. Гончар О.М., Горшеніна Л.В. Оцінка залежностей між гідрохімічними показниками з використанням кореляційного аналізу (на прикладі басейну Дністра). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2007. Т.13. С. 152-158.
15. Ігошин М.І. Математичні методи і моделювання у фізичній географії: підручник, практикум. Одеса: Астропринт, 2005. – 464 с.
16. Тарасова В.В. Екологічна статистика: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.
17. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ: Ніка-Центр, 2001. – 264 с.
18. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. Київ: Либідь, 1997. – 384 с.
19. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 4 від 14 січня 2019 року «Про затвердження Методики визначення масивів поверхневих та підземних вод». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0287-19> (дата звернення: 08.05.2020)
20. Методичні рекомендації щодо визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод / Вихрист С., Мудра К., Осійський Е. та ін. Київ: Держводагенство, 2018. – 21 с.

21. Janauer G. A. Ecohydrology: fusing concept sand scales. *Ecol. Eng.* 2000. 16, N 1. Pp. 9 – 16.
22. Analysis of variation in nitrogen and phosphorus concentration in the Nemunas river / Sileika A.S. et al. *Water management Engineering*. Vilniaus. 2005. Vol.2(5). Pp.15-24.