

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра гідроекології та водних досліджень

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: «Оцінка екологічного стану та екологічних ризиків нижнього
Дністра»

Виконала студентка групи МЕГ-19
спеціальності 101 Екологія,
Кулачок Катерина Володимирівна

Керівник д.геогр.н., проф.
Лобода Наталія Стапанівна

Консультант

Рецензент к. тех.н., доц.кафедри
прикладної екології і гідрогазодинаміки
ОНПУ
Мельник Сергій Володимирович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра гідроекології та водних досліджень

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 Екологія

(шифр і назва)

Освітня програма гідроекологія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідроекології та
Водних досліджень ОДЕКУ

Лобода Н.С.

“26” жовтня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кулачок Катерині Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Оцінка екологічного стану та екологічних ризиків нижнього Дністра»

керівник роботи Лобода Наталія Степанівна, д.геог.н., професор.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “від “16”жовтня 2020року №194-С ”

2. Строк подання студентом роботи 7 грудня 2020.

3. Вихідні дані до роботи 1) Дані ДАВР про хімічний склад води у створі Дністер - Біляївка за період 2008-2018 роки. 2) Дані моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР за 1967-2018 роки, дані гідрохімічних спостережень в українському створі Ягорлик – с. Артурівка за 15 років (2004-2018рр.) та дані у створі про стік у створі р.Ягорлик – с. Дойбани, 1949-2015 рр., республіка Молдова.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Скласти коротку фізико-географічну характеристику річки Дністер. 2) Визначити особливості гідрохімічного і термічного режиму нижньої течії річки Дністер. 3) Виконати оцінку екологічної обстановки річки Дністер 4) Виконати оцінку екологічного ризику для вод річки Дністер у створі Біляївка згідно методики ІЗВ (стандартного) щорічно за період 1967-2018 роки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
	<i>Загальна характеристика екосистеми нияжнього Дністра</i>	26 -30 жовтня	99	<i>відмінно</i>
	<i>Фізико-географічна характеристика річки Ягорлик</i>	02 – 04 листопада	97	<i>відмінно</i>
	<i>Оцінка якості води за індексом забруднення ІЗВ</i>	05 – 09 листопада	98	<i>відмінно</i>
	<i>Аналіз оцінки екологічної обстановки річки Дністер та Ягорлик</i>	10- 12 листопада	96	<i>добре</i>
	<i>Визначення оцінки ризиків у річці Ягорлик.</i>	13- – 16 листопада	99	<i>відмінно</i>
	Рубіжна атестація	16-21 листопада		
	<i>Оцінка якості вод річки Ягорлик на основі індексу забруднення ІЗВ</i>	21 – 23 листопада	97	<i>відмінно</i>
	<i>Виявлення чутливості річки Ягорлик до забруднення сполуками азоту</i>	24– 26 листопада	98	<i>відмінно</i>
	<i>Визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод річки Ягорлик.</i>	27 – 30 листопада	95	<i>добре</i>
	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення магістерської роботи, задача роботи на перевірку наукового керівника.</i>	01 – 03 грудня	99	<i>відмінно</i>
	<i>Підготовка презентації та доповіді для захисту бакалаврської роботи.</i>	04 – 06 грудня	98	<i>відмінно</i>
	Перевірка на плагіат	10 грудня		
	Рецензування	16 грудня		
	Подання на кафедру	7 грудня		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	26.жовтня – 7 грудня	98	<i>відмінно</i>

Студент _____ (Кулачок К.В)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ (Лобода Н.С.)

АНОТАЦІЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи Кулачок Катерини Володимирівни
«Оцінка екологічного стану та екологічних ризиків нижнього Дністра»

Актуальність теми. Актуальність роботи обумовлена значним антропогенним навантаженням на річку Дністер та необхідністю наукового обґрунтування заходів по забезпеченню доброго екологічного статусу річки згідно із положеннями Водної Рамкової Директиви ЄС. Особливе місце у такого роду дослідженнях займає визначення екологічних ризиків.

Мета дослідження. Застосування різних критеріїв екологічного ризику для оцінки можливостей приведення водних об'єктів до “доброго екологічного стану” на базі даних гідрохімічних спостережень в створі р. Дністер – смт. Біляївка (нижня течія р.Дністер) та р. Ягорлик – с. Артирівка (лівого притоку р.Дністер у його нижній течії) згідно із вимогами Водної Рамкової Директиви, Директиви про Питну Воду та Нітратної директиви.

Об'єкт дослідження. Забруднення дністровської води у його нижній течії (смт. Біляївка) та річки Ягорлик, лівої притоки Дністра.

Використана методика дослідження. Методика розрахунків ІЗВ стандартного та модифікованого; методика оцінки екологічної обстановки; методика оцінки екологічного ризику, розробленого в інституті проблем ринку та економіко-екологічних досліджень, м. Одеса.

Вихідні дані. Використовувалися дані ДАВР про хімічний склад води у створі Дністер - Біляївка за період 2008-2018 рр. та дані з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР за 1967-2018 роки. Дані гідрохімічних спостережень в українському створі Ягорлик – с. Артирівка за 14 років (2004-2018рр.) та дані у створі про стік у створі р. Ягорлик – с. Дойбани, 1949-2015 рр., республіка Молдова.

Магістерська робота складається із п'яти розділів, 100 сторінок тексту, 34 таблиць, 2 рисунків, 16 графіків та 58 використаних наукових джерел.

Ключові слова: екологічний ризик, індекси забруднення, екологічна обстановка, забезпеченість, масив поверхневих вод, нітратна директива.

SUMMARY

*Kulachok K.V. The ecological risk assessments for the lower Dniester. –
Master's Thesis Manuscript.*

The study is extremely relevant due to the increasing anthropogenic pressures to the lower Dniester river basin as well as to the lack of complete scientific research of the required measures to achieve and save good ecological river status underlined in the EU Water Framework Directive. The important aspect of the thesis is the substantiation of the ecological risk assessment.

The purpose of this study is to apply different criteria of the environmental risk assessment needed to bring water bodies to good ecological status on the basis of hydrochemical observations data collected in the line of the Dniester River - the village of Bilyaivka (lower reaches of the Dniester River) and Yahorlyk River - the village of Artyrivka (left tributary of the lower Dniester River) according to the requirements of the EU Water Framework Directive, Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 and Council Directive 91/676/EEC (hereafter referred to as the Nitrates Directive).

The research object is the pollution of the Dniester water in its lower course (Bilyaivka town) and the Yahorlyk river, a left tributary of the Dniester.

The research methods are the methods for calculating the water quality index (standard and modified versions), methodology for assessing the ecological condition, risk assessment methodologies, developed by the Institute of Market Problems and Economic and Ecological Research National Academy of Science (Odessa city).

The research inputs include water chemistry data from State Agency of Water Resources of Ukraine in the line of the Dniester River - the village of Bilyaivka - for the period 2008-2018 as well as the data from the Water and soil monitoring laboratory for Odessa Region for the period 1967-2018, the hydrochemical observation data in the line of the Yahorlyk River - the village of Artyrivka - for the period 2004-2018 and the data in the line of the Yahorlyk River - Doibani village, the Republic of Moldova, for the period 1949-2015.

The thesis consists of the five chapters, 100 pages, 34 tables, 13 graphs, 2 figures and 65 scientific sources. Key words: ecological risk, pollution index, ecological environment, ecological availability, surface waters, Nitrates Directive.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

БСК ₅	біологічне споживання кисню (протягом 5 діб)
ІЗВ	індекс забруднення води
ЛОЗ	лімітуюча ознака забруднення
ГДК	гранично допустимі концентрації
СПАР	синтетичні поверхнево-активні речовини
ХСК	хімічне споживання кисню
ДАВР	Державне агентство водних ресурсів
ГЕС	гідроелектростанція
ГАЕС	гідроакумуюча електростанція
с.	Село
смт.	селище міського типу
р.	рік, річка
ІР	індекс ризику, який характеризує вразливість країни
НС	надзвичайні ситуації
R	кількісний показник екологічного ризику
C	концентрація речовини
РЕН	ризик екологічної небезпеки
ЕН	екологічні небезпеки
ЕЕС	економіко-екологічні ситуації

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОСИСТЕМИ НИЖНЬОГО ДНІСТРА	14
1.1 Фізико-географічна характеристика гирлової ділянки р. Дністер	14
1.2 Клімат	19
1.3 Водний режим нижньої течії Дністра	22
1.4 Особливості гідрохімічного і термічного режиму нижнього Дністра	24
1.5 Гідробіологічна характеристика.....	28
1.6 Гідрологічні та гідрохімічні характеристики р. Ягорлик	30
2 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ	35
2.1 Поняття оцінки екологічної обстановки.....	35
2.2 Екологічні показники моніторингу та оцінка екологічної обстановки	36
2.3 Оцінка екологічного стану у створах р. Дністер- Біляївка та р. Ягорлик - Артирівка за БСК ₅	44
3 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ЗА ДАНИМИ ГІДРОХІМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	48
3.1 Загальне визначення поняття екологічного ризику.....	48
3.2 Розрахунок стандартного та модифікованого індексу забруднення води .	54
4 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВОД СПОЛУКАМИ АЗОТУ	66
4.1. Законодавча база оцінки забруднення вод сполуками азоту.....	66
4.2 Забруднення біогенними речовинами та їх наслідки	70
4.3 Методика визначення зон, чутливих до нітратних сполук.....	70
4.4 Визначення критерію чутливих зон	72
4.5 Обґрунтування критеріальної бази для встановлення евтрофного стану ..	72
4.6 Виявлення чутливості р.Ягорлик – с. Артирівка до нітратного забруднення та оцінка ризиків	76

5 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ЇХНІХ ВПЛИВІВ НА СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ЯГОРЛИК.....	82
5.1 Критерії оцінки основних антропогенних навантажень за рахунок гідроморфологічних змін	83
5.2 Критерії оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ за рахунок скидів забруднених вод	84
5.2.1. Показники основних антропогенних навантажень для оцінки забруднення з точкових джерел.....	84
5.2.2 Показники основних антропогенних навантажень для дифузних джерел забруднення (сільське господарство - рослинництво та тваринництво).....	85
5.2.3 Критерії оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ за хімічними та фізико-хімічними показниками (даними моніторингу)	87
ВИСНОВКИ.....	91
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	94

ВСТУП

Вода є одним з найважливіших елементів зовнішнього середовища. Вона має велике значення для задоволення фізіологічних, санітарно- гігієнічних та господарських потреб людини. Вкрай необхідна вона рослинам і тваринам.

Питна вода та її якість істотно впливають на всі фізіологічні та біохімічні процеси, що відбуваються в організмі людини, на стан її здоров'я. Отже, можна стверджувати, що якісні характеристики води, рівень її забруднення впливає на стан захворюваності рослин, тварин та населення [1].

Для річки Дністер головною проблемою катастрофічного стану є різке зниження водності внаслідок непередуманого гідробудівництва. Акумуляція води у Дністровському водосховищі різко зменшила об'єм стоку. Внаслідок змін клімату суттєво збільшився забір води для господарських потреб. В результаті швидкими темпами відбувається обміління річки, зменшується швидкість потоку, водосховища замулюються, чому сприяють також процеси ерозії берегів внаслідок недотримання 500 метрової берегової зони.

Виникає накопичення біогенів – результат майже неконтрольованого викиду побутових і промислових стоків.

Виникає рясне заростання річки від Дністровської греблі до лиману, загибель і гниття рослин, що веде до заболочення річки.

Перегороджена, зневоднена, засмічена, зруйнована річка не справляється з самоочищенням. Виникає деградація її біоценозів, груп тварин та рослин. Індикатором стану є різка зміна іхтіоценозу – зникнення або зниження кількості видів риби, їх чисельності в популяції, заміна промислових риби, мілкими, з коротким життєвим циклом. Це ознаки деградації іхтіоценозу, а головною причиною такого явища є порушення відновлення риби в зв'язку з скороченням зони нересту для літофілів, масової загибелі гнізд судака, кладок ікри, личинок і молоді риби при різкому зниженні рівня води, порушенні температурного

режиму, забрудненні води, заморах. Таким чином, чітко прослідковується деградація іхтіоценозу і екосистеми річки.

Землеробство в басейні річки ведеться з давніх часів. Антропогенний фактор посилив негативне явище ґрунтового покриття в басейні річки, де використовуються схили для ведення сільського господарства.

В наш час, зменшення забруднення річки хімічними речовинами водного простору річки пов'язане із вирішенням задачі дотримання протиерозійних заходів на схилах Дністра, тому що ґрунти схилів, де на ріллі застосовують гербіциди і пестициди, акумулюються дощовими потоками і виносяться в річку.

Охорона водних ресурсів потребує оцінки надходження забруднюючих речовин в річкову систему з різних джерел. Враховуючи велику частку аграрного сектору в економіці України, пильну увагу має бути наділено виносу біогенних речовин, до яких в першу чергу відносяться сполуки азоту та фосфору.

Встановлено, що характер вимивання нітрат іонів та мінеральних з'єднань фосфору, має різні риси, обумовленні хімічними властивостями даних з'єднань. Нітратні з'єднання в зв'язку їх високою розчинністю вимиваються в перші місяці після внесення добрив. З'єднання мінерального фосфору в зв'язку з високим сорбційними властивостями ґрунтів добре затримуються в них і попадають в русло річки тільки під час рясних дощів і, особливо, весняних повеней.

Актуальність. Актуальність роботи обумовлена значним антропогенним навантаженням на річку Дністер та необхідністю наукового обґрунтування заходів по забезпеченню доброго екологічного статусу річки згідно із положеннями Водної Рамкової Директиви ЄС. Особливе місце у такого роду дослідженнях займає визначення екологічних ризиків.

Особливо підлягає негативним змінам нижня течія р. Дністер, яка більш чутлива до змін клімату та зменшення водності. Основним джерелом водопостачання таких міст як Одеса, Білгород-Дністровський, Чорноморськ (Іллічівськ), Южний та прилеглих районів є саме дністровська вода, яка подається з Біляївського водозабору [2].

Охоронна водних ресурсів потребує оцінки надходження забруднюючих речовин у річкову систему з різних джерел. Враховуючи велику частку аграрного сектору в економіці України, пильну увагу має бути наділено виносу біогенних речовин, до яких в першу чергу відносяться сполуки азоту та фосфору.

У зв'язку із цим впроваджено у дію Директиви Ради 91/676/ЄЕС від 12 грудня 1991 року про захист від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел [3]. Директива нерозривно пов'язана із Водною Рамковою директивою ЄС. До поставлених задач входить визначення ризику нітратного забруднення та установлення уразливі до цього виду зон.

Забруднення річок сполуками азоту є результатом прямого чи непрямого скиду у водне середовище вод із сільськогосподарських масивів. До сполук азоту відносяться будь-які речовини, за винятком газоподібного молекулярного азоту, які містять у своєму складі азот. “Збагачення води поживними речовинами, особливо сполуками азоту та фосфору призводить до прискореного росту водоростей та вищих форм рослинного життя і небажаного порушення балансу організмів у воді, а також до можливого зниження її якості” [1].

Хімічний склад природної води визначається шляхом, яким проходить вода в процесі кругообігу [4]. Кількість розчинених речовин в такій воді буде залежати, з одного боку, від складу тих речовин, з якими вона взаємодіяла, з іншого, від умов, в яких відбувалися ці взаємодії. Впливати на хімічний склад води можуть наступні фактори: гірські породи, ґрунт, живі організми, діяльність людини, клімат, рельєф, водний режим, рослинність, гідрогеологічні та гідродинамічні умови, тобто усі природні та антропогенні чинники. Особливу роль відіграють природні та антропогенні чинники, які є характерними для нижньої течії річки Дністер, де розташований Біляївський водозабір. Оцінка якості води основного джерела питного водопостачання багатьох населених пунктів також має дуже важливе значення.

Визначення величини прийнятного ризику є досить складним питанням не тільки для України, але для більш досвідчених щодо ризиків європейських країн

[5]. Методологія оцінки ризику в Україні на законодавчому рівні є остаточно не сформованою. Однак, існує вже певна «дорожня карта» у вигляді Закону України «Про основу державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21.12.2012 №2818-VI, в якому прописано декларацію підготовки «до 2015 року державної цільової програми проведення оцінки та запобігання ризиків здоров'ю населення України від чинників навколишнього середовища, що передбачає застосування методології оцінки ризику; запровадження до 2020 року керованого управління екологічним ризиком (включаючи випадки надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру)».

Метою дослідження є застосування різних критеріїв екологічного ризику для оцінки можливостей приведення водних об'єктів до “доброго екологічного стану” на базі даних гідрохімічних спостережень в створі р. Дністер – смт. Біляївка (нижня течія р.Дністер) та р. Ягорлик – с. Артирівка (лівого притоку р.Дністер у його нижній течії) згідно із вимогами Водної Рамкової Директиви, Директиви про Питну Воду та Нітратної директиви.

Завдання роботи: проаналізувати гідрохімічний режим нижньої течії річки Дністер – смт. Біляївка; оцінити екологічну обстановку; розрахувати показники ризиків якості води за методикою інституту проблем ринку та економіко-екологічних досліджень, м. Одеси [6]; встановити зв'язки між показниками якості води та ризиків.

Об'єктом дослідження є забруднення дністровської води у його нижній течії (сmt. Біляївка) та річки Ягорлик, лівої притоки Дністра.

Дністровська вода використовується для питного централізованого водопостачання. Ця вода, подається на ВОС «Дністер» для очищення і подальшого використання. Існуюча система централізованого водопостачання забезпечує населення і господарські об'єкти Одеської промислово-міської агломерації та прилеглих районів в радіусі приблизно 100 км [7].

Особливістю річки Ягорлик, обраної для дослідження, є те, що вона розташована на межі лісостепової та степової зон. Особливості формування стоку близькі до інших лівобережних приток Дністра: річка знаходиться у

карстовому районі, має стійке підземне живлення, практично не пересихає. Мінливість коливань річного стоку набагато менша ніж у річок Північно-Західного Причорномор'я. З іншого боку, на водозборі річки знаходяться ставки та водосховища, які впливають на водність річки та її екологічний стан, на окремих ділянках спостерігається евтрофікація.

Предметом дослідження є оцінки ризиків суттєвого забруднення води в річці Дністер та р.Ягорлик та можливостей досягнення «доброго екологічного стану» їх вод.

Методи дослідження: методика розрахунків ІЗВ стандартного та модифікованого [8]; методика оцінки екологічної обстановки [9]; методика оцінки екологічного ризику, розробленого в інституті проблем ринку та економіко-екологічних досліджень, м. Одеса [4]; методика критерій оцінки основних антропогенних навантажень на стан МВП [10].

Матеріали дослідження: У роботі використані дані ДАВР про хімічний склад води у створі Дністер - Біляївка за період 2008-2018 рр.[11] та дані з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР за 1967-2018 роки. Дані гідрохімічних спостережень в українському створі Ягорлик – с. Артирівка за 14 років (2004-2018рр.) та дані у створі про стік у створі р.Ягорлик – с. Дойбани, 1949-2015 рр., республіка Молдова.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОСИСТЕМИ НИЖНЬОГО ДНІСТРА

В результаті зарегулювання р. Дністер Дністровським гідроенергетичним комплексом у середній та нижній течії Дністра практично зникли характерні для річки весняні паводки, необхідні для функціонування річкової екосистеми та рибництва. У минулі два десятиріччя внаслідок глобального потепління виникли проблеми з питною водою, яка постачається для багатьох населених пунктів з річки Дністер [12]. Характерною особливістю природного гідроекологічного режиму Дністра, включаючи його гирлову ділянку, є періодичне проходження дощових паводків. В гирловій частині річки відбувалося помітне розпластування паводкових хвиль, але обумовлені ними коливання водності та рівнів води мали дуже важливе екологічне значення. Саме завдяки такому несталому режиму здійснювалася активна промивка дністровських плавнів, заплавних водоймищ, проток і рукавів гирлової ділянки Дністра та зберігалася і підтримувалося біологічне різноманіття [13]. Дельта Дністра є найбільш цінною у природоохоронному плані територією басейна Дністра як місце життєдіяльності багатьох видів рослин, риб та інших видів тварин, занесених у Червону книгу України і Міжнародні охоронні списки [14].

1.1 Фізико-географічна характеристика гирлової ділянки р. Дністер

Річка Дністер бере початок на північно-східних схилах Українських Карпат на висоті близько 900 м над рівнем моря. Її довжина – 1362 км, з них через територію України проходить 925 км. Загальна площа водозбору становить 72100 км².

На Дністрі в Україні створено три водосховища: Дністровське, Дністровське буферне і Дністровське гідроакумуляуюче. Вони разом утворюють

комплекс Дністровських водосховищ, головне призначення яких протипаводкове та гідроенергетичне.

Дністровське водосховище знаходиться на відстані 677,7 км від гирла Дністра, його довжина 194 км, розташоване на території Чернівецької, Хмельницької, Вінницької і Тернопільської областей. Характерними особливостями водосховища є його значна глибина, відносно мала ширина й велика звивистість. Дністровське водосховище створено на рівнинному плато в глибоко врізаній долині Дністра, з різко вираженою асиметричною долиною. Дністровське буферне водосховище утворене на ділянці Дністра від Дністровської ГЕС до Дністровської ГЕС-2 і призначене для внутрішньодобового вирівнювання скидів води з ГЕС у нижню течію Дністра.

До впадіння у Дністровський лиман річка протікає по різних природних зонах [15]. До м. Самбір р. Дністер є типовою гірською річкою. На цій ділянці вона тече у вузькій долині із скелястими берегами. При виході на передгірську рівнину долина річки стає ширшою, а на окремих ділянках заболоченою. Через Подільську височину р. Дністер протікає у вузькій і глибокій каньйоно-подібній долині. Русло річки звивисте з численними меандрами, а в районі м. Ямпіль – порожисте. Нижче впадіння Дубоссарського р. Дністер тече по широкій долині з численними притоками та озерами [16]. Нижня частина басейну р. Дністер розташована у межах Причорноморської низовини та має характерний для степу рельєф (рис. 1.1).

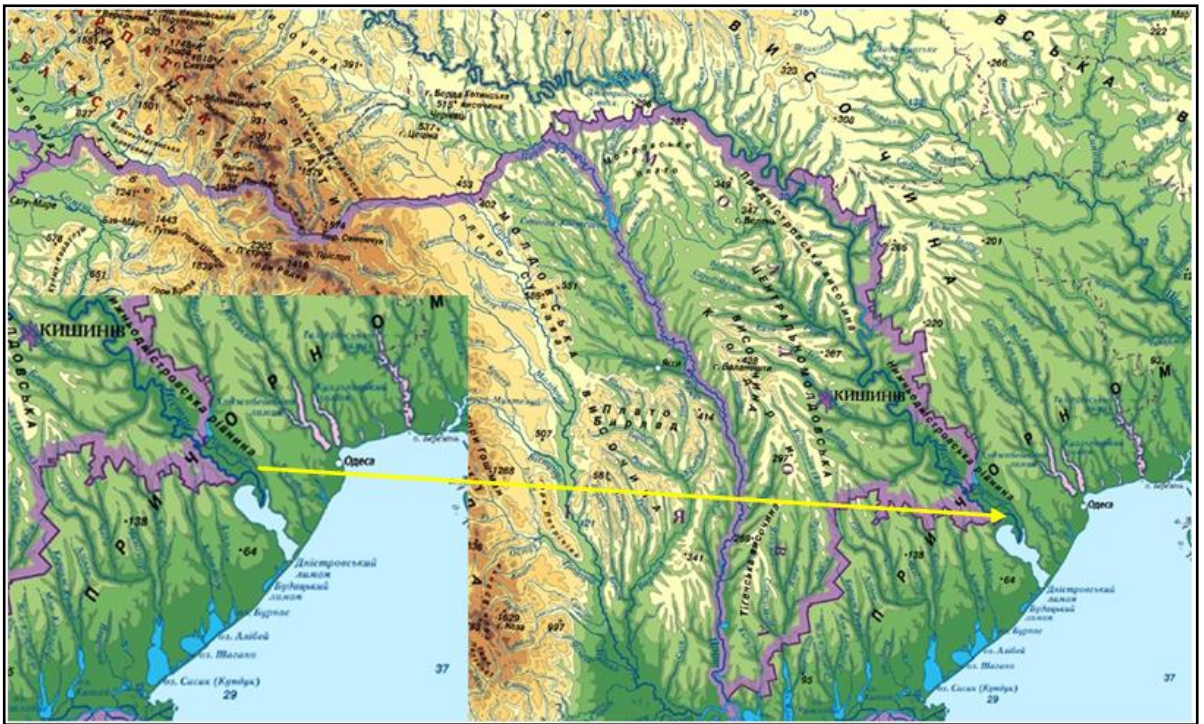


Рисунок 1.1 – Фізико-географічне положення гирлової ділянки р. Дністер [17].

Русло річки дуже звивисте. Долина нижнього Дністра має добре розвинуту заплаву, яка періодично затоплюється під час повені, та шість надзаплавних терас. Гідрографічна мережа розвинута слабо, її щільність становить $0,2 \text{ км/км}^2$ [18].

Плавнева ділянка Дністра видовжена з північного заходу на південний схід та має довжину 57 км і ширину – 4-6 км. Тут нараховується близько ста плавневих озер, серед яких найбільші: Путрині, Тудорові, Білі й ін.

Річка впадає в Дністровський лиман трьома водотоками: р. Дністер, р. Гл. Турунчук, єр. Кіляри [13]. Дністровський лиман – один з найбільших в Україні лиманів, що утворився в місці, де р. Дністер впадає в Чорне море. Місце з'єднання лиману з морем – є вузькою та глибокою протокою. Лиман утворився внаслідок опускання місцевості та одночасного підняття рівня води в морі. Від

моря лиман відокремлений піщаною Бузькою косою, що має в одному місці розрив – Цареградське гирло, через який здійснюється водообмін лиману з морем. Середня площа водної поверхні лиману – 360 км², довжина – 42-43 км, ширина – від 4 до 12 км, максимальна (природна) глибина сягає 2,5 м, середня глибина – 1,5 м [11].

В північно-східну частину лиману впадає р. Дністер, язик річкової дельти якого висувається в глиб лиману більш ніж на 9 км, розділяючи його вершину на дві затоки: широку – західну і вузьку – східну. У вершину лиману, на північний захід від гирла р. Дністер, впадає р. Гл. Турунчук, яка відділяється від р. Дністер нижче с. Маяки.

Східний і західний береги лиману порівняно круті, обривисті, заввишки 10 м. Північний берег низинний, дуже заболочений.

Басейн р. Дністер за фізико-географічним районуванням [9] знаходиться у межах Природної країни Східно-Європейської рівнини, включаючи Природну країну Українських Карпат, лісостепову зону (Західно-Українську та Дністровсько-Дніпровську лісостепову зони) та степову зону (Правобережно-Дніпровську північностепову провінцію (північний степ) та Причорноморсько-Азовську південностепову провінцію (південний степ).

На рівнинній частині території України басейн р. Дністер за гідрологічним районуванням [14] належить до гідрологічної зони достатньої водності та гідрологічної зони недостатньої водності.

Гирлова ділянка р. Дністер відноситься до зони недостатньої водності, а саме до Причорноморської області надзвичайно низької водності.

Щільність річкової мережі на півдні становить 0,2-0,1 км/км². Похил річок змінюється від 1 до 10 м/км. Річки мають переважно широкі долини з пологими схилами, звивисте русло. Швидкість течії у межах становить 0,2-0,4 м/с. Лісистість водозбору змінюється у межах 1-4 %, болота трапляються

лише в заплавах річок (зокрема у пониззі Дністра). Живлення річки переважно снігове (80-90 %).

Гирлова частина р. Дністер належить до степової зони. Суцільне поширення лесоподібних порід в умовах вирівняної поверхні сприяє розвитку більш однорідного, ніж у інших природних зонах, ґрунтового покриву.

У північній (більш зволоженій) частині степу домінують чорноземи середньогумусні звичайні, де вміст гумусу сягає 6,0-7,0 %, а далі на південь вони поступаються місцем чорноземам малогумусним, з вмістом гумусу 5,0-5,8 %, а часто й чорноземам південним (південь Причорноморської низовини). Основним напрямком підвищення родючості земель степової зони є штучне зрошення.

У рослинному покриві природного степу домінантне положення займають ксерофільні дернові злаки, меншою мірою – степове різнотрав'я. У південному напрямку рослинний покрив розріджується, у фітоценозах зростає кількість полину, ефемерів та галофітів. Лісистість у степу не перевищує 3 %. У невеликих дібровах переважають: дуб (40 % деревостану), сосна (32 %), меншою мірою – ясен. Фрагментами у степовій зоні зустрічається лучна і навіть болотна рослинність. Природний рослинний фон степу зберігається лише на заповідних територіях, а понад 80 % українських степів сьогодні займають різноманітні сільськогосподарські угіддя. Тваринний світ степової зони представляють ховрахи, заєць сірий, тхір степовий, борсук, лисиця, численні птахи (перепел, лунь), плазуни (гадюка степова, ящірки, полоз) й ін. Своєрідними фауністичними аномаліями у степу є водно-болотні, чагарникові та лісові біотопи, які поширені, наприклад, у долині Дністра, по берегах степових озер і водойм й ін.

Екологічне розуміння якості середовища водного об'єкта передбачає три головні складові з різними гідрохімічними, гідрофізичними і гідробіологічними параметрами: водну масу, донні відкладення і біоту. Гідрохімічні параметри водойм і водотоків безпосередньо впливають на метаболічні функції мешкають в них живих організмів і в зв'язку з цим є важливими факторами, які зумовлюють

функціонування водних екосистем. Під впливом господарської діяльності людини гідрохімічні показники водних об'єктів можуть істотно змінюватися в результаті антропогенного забруднення. При цьому загальноприйнято вважати, що надходження речовини у водний об'єкт досягає рівня забруднення, коли його кількість у воді перевищить гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Антропогенне забруднення може стати причиною перебудови в структурі співтовариств гідробіонтів, викликаючи зміни якості середовища проживання і стану екосистем, які проявляються на організмовому, популяційному і ценотичному рівнях. Короткостроковий вплив у вигляді залпових викидів забруднюючих речовин, як це мало місце на Дністрі в 1983 році, викликають гострі, але частіше за все оборотні впливи на екосистеми.

Найбільший антропогенний вплив на нижню течію Дністра чинить Дністровське водосховище. Суттєво зменшилися витрати води у період паводків та водопіль, змінилися фізичні властивості води та термічний, газовий склад води, зважені наноси.

В цілому забруднення екосистем в Дубоссарському водосховищі і Нижньому Дністрі носить аналогічний характер. При цьому для обох ділянок річки хронічними є забруднення нафтопродуктами і загальним залізом, для яких перевищення ГДК часто виявляється в 100% відібраних проб води. Разом з тим повторюваність азотом амонійний та азотом нітритним в Нижньому Дністрі помітно вище, ніж у водосховищі. Специфічними забруднювачами для Дубоссарського водосховища є СПАР, і в деяких випадках дефіцит розчиненого кисню, а на ділянці нижнього Дністра – нітрати [19].

1.2 Клімат

Кліматичні умови будь-якої території залежать від комплексу різноманітних передумов, що виникають як у самій географічній оболонці, так і за її межами. Класичний «набір» таких факторів включає: сонячну радіацію,

близькість до морів та океанів (або віддалення від них) та пов'язаний з ними характер циркуляції атмосфери, вплив морських течій, висота місцевості над рівнем моря, особливості підстильної поверхні й ін. Кожен із згаданих факторів впливає на ті чи інші елементи клімату, а їх взаємодія зумовлює загальні кліматичні особливості території, що досліджується. Повною мірою всі ці фактори (за винятком впливу морських течій) проявляються і на території України.

Територія України поділяється на чотири великі кліматичні області: Північну, Південну, Середземноморську та Гірську [18]. Гирлова частина р. Дністер належить до Південної кліматичної області [20]. Тут переважає антициклональний тип погоди. Середні багаторічні температури січня коливаються від мінус 2 до мінус 7 °С, липня – у межах 21-30 °С, річні суми атмосферних опадів – від 300-450 мм [21].

Водозбір р. Дністер вміщує до себе такі агрокліматичні зони: Карпатські гори, Західний лісостеп, Центральний і Східний лісостеп, Північний степ і Південний степ.

Гирлова частина р. Дністер відноситься до Південного степу, де коефіцієнти зволоження дорівнюють 0,8-1,0. Число діб за рік, з середньодобовими температурами повітря понад 15 °С, становить 130-140 діб, а від 5 до 10 °С – 85-110 діб.

Клімат відіграє надзвичайно велику роль у гідрологічному режимі річок та водойм. Саме такі кліматичні параметри як опади та термічний режим, визначають основні гідрологічні характеристики – величину річкового стоку, його розподіл у часі, основні фази гідрологічного режиму.

Температурний режим, в основному, прямо пов'язується з перебігом радіаційних процесів, проте, ускладнюючись циркуляційними, теплообмінними

та різноманітними місцевими факторами, температура повітря безперервно змінюється.

Вологість повітря характеризує наявність водяної пари у приземних шарах атмосфери. Вона залежить від багатьох чинників, насамперед, від температури повітря та атмосферного тиску. Розрізняють абсолютну та відносну вологість повітря.

Абсолютна вологість зростає з підвищенням температури повітря, а відтак її більші значення спостерігаються влітку та вдень, а менші – взимку і вночі. Відносна вологість характеризує стан насичення повітря вологою у відсотках від максимально можливого насичення при даній температурі. Вона зменшується з підвищенням температури і навпаки, тому найменші її значення спостерігаються вдень та влітку, і більш високі – вночі та взимку.

Середньорічний показник відносної вологості повітря в Україні становить 65-75 %, знижуючись влітку до 55-60 %. Відносна вологість, при її зниженнях до 30 % і менше, що особливо часто спостерігається влітку у степових районах, та при наявності вітру виступає індикатором можливого утворення суховіїв.

Взимку на території р. Дністер встановлюється постійний сніговий покрив. Сніг знижує температуру і підвищує вологість повітря та ґрунту, зменшує випромінювання з поверхні ґрунту і тим самим створює сприятливі умови для озимини.

Взимку та навесні сніг є важливим джерелом водопостачання поверхневих вод (річок, озер, боліт й ін.) та підземних водоносних горизонтів. Товщина снігового покриву в Карпатах становить 60-70 см, а у лісостеповій та степовій зонах – він неодноразово поновлюється, перериваючись глибокими відлигами [22].

1.3 Водний режим нижньої течії Дністра

Дністер відносять до річок змішаного живлення з переважанням дощового. Значні коливання зимових і літніх опадів зумовлюють своєрідний нестійкий гідрологічний режим. Характерні весняна повінь і осінні дощові паводки. Середня річна витрата води $330 \text{ м}^3/\text{с}$, гідрологічний режим непостійний [30].

Повені та паводки - характерне явище для Дністра. Під час паводків формується 50-70% від річного стоку. Середні багаторічні коефіцієнти стоку річок коливаються від 0,17-0,23 (Подільська височина) до 0,4-0,7 (Передкарпаття і Карпати). Під час екстремальних паводків коефіцієнти стоку правобережних приток сягають 0,74-0,92.

Весняна повінь починається на Дністрі в лютому і закінчується в червні. Рівень води в річці піднімається на 3-4 м. Витрата води досягає $180\text{-}260 \text{ м}^3/\text{с}$. Дощові паводки бувають з середини липня до середини вересня, вони досить швидко наростають. За добу вода в річці піднімається в окремі роки на 3 м. Рівень води встановлюється на висоті до 5 м [23].

Льодостав на Дністрі короткий. В окремі зими його немає зовсім. Яскраво виражена сезонність у розподілі стоку, висока повторюваність паводків (5-12 впродовж року), приуроченість максимальних витрат до літнього періоду, інтенсивне підняття рівня води (0,5 - 1,5 м/добу і більше) і значно повільніше його спадання [23].

Характерне зменшення максимальних витрат та об'ємів весняного водопілля, збільшення витрат літньої та зимової межени. Як наслідок внутрішньорічний розподіл стоку річки став рівномірнішим. Модуль стоку сягає значних величин: $10\text{-}15 \text{ л/с з } 1 \text{ км}^2$ - у приток високогір'я, на середньогірських ділянках - у середньому $5 \text{ л/с з } 1 \text{ км}^2$, змінюються від $2,7 - 6,5 \text{ л/с з } 1 \text{ км}^2$ на

лівобережжі до 10,0 - 35,5 л/с з 1 км² на правобережжі. Багаторічний шар стоку в середній частині басейну річки Дністер становить 300-700 мм.

В верхів'ях правобережних притоків р. Дністер його значення складають 800-1000 мм, на лівобережних притоках - шар стоку дорівнює 150-200 мм. Середні багаторічні коефіцієнти стоку річок коливаються від 0,17-0,23 (Подільська височина) до 0,4-0,7 (Передкарпаття і Карпати). Під час екстремальних паводків (1-5% забезпеченості) коефіцієнти стоку правобережних приток сягають 0,74-0,92 [24].

Повені та паводки - характерне явище для Дністра. Під час паводків формується 50-70% від річного стоку.

У 1986 році на відстані 677,7 км від гирла у верхній частині середнього Дністра був введений у дію Дністровський гідроенергетичний комплекс. Він складається з дністровського гідровузла ГЕС-1 з Дністровським водосховищем довжиною 194 км, та повним об'ємом акумуляції 3 км³. Площа водного дзеркала становить 142 км², а глибина варіює від 21 м до 54 м, ширина дорівнює 0,72 км. Корисний об'єм -2 км³. Створення водосховища було необхідним для забезпечення роботи ГЕС. З метою регулювання добових попусків води нижче його греблі побудоване буферне водосховище. ГЕС-1 є гідроелектростанцією із греблею вище 55 м. Вода скидається через греблю з нижніх водоносних горизонтів водосховища і має температуру нижчу ніж на поверхні. У 20 км нижче ГЕС-1 (вище села Наславча) була споруджена ще одна гребля з гідротехнічним устаткуванням та буферним водосховищем об'ємом у 70 млн.м³.

Буферне водосховище було призначене для зменшення негативного впливу функціонування ГЕС-1 на ділянки середньої та нижньої течії Дністра. У буферному водосховищі вода затримувалася, щоб прогрітися і насититися розчиненим киснем. Надалі вона скидалася у Дністер на територію Молдови з мінімальними перепадами рівнів води. У 90-ті роки минулого сторіччя у цій

греблі було встановлено ще дві турбіни для отримання додаткової електроенергії. Фактично було створена нова ГЕС-2. Призначення буферного водосховища було змінено, і вода стала надходити у нижній б'єф з великими коливаннями рівня води у річці. На початку XXI сторіччя розпочалося відновлення будівництва гідроакумуючої станції ГАЕС зі своєю акумулюючою водоймою, побудованою на правому карстовому березі річки Дністер [25]. Буферна водойма перетворена у технологічну водойму ГАЕС. Буферна водойма перетворена у технологічну водойму ГАЕС. У режимі закачування з буферного водосховища вода перекачується у акумулюючу зі швидкістю 220-240 м³/с. Таким чином, ГАЕС бере до себе надлишок електроенергії, який виробляється атомними станціями у нічний час. Вдень ця вода скидається через турбіни у буферну водойму для вироблення електроенергії. В результаті зарегулювання Дністра у середній та нижній течіях практично зникли характерні для річки весняні паводки, які є необхідними для нормального функціонування річкової екосистеми і відтворення риб.

1.4 Особливості гідрохімічного і термічного режиму нижнього Дністра

Основним чинником формування гідрохімічного та термічного режиму нижньої течії Дністра є водний стік річки та його внутрішньорічний розподіл, а також метеорологічні умови в регіоні. Розподіл водного стоку впродовж року прямо відбиваються на утриманні та зміні розчинених у воді газів і речовин [18].

Мінералізація води в нижній течії Дністра на протязі року коливається від 220 до 490 мг/дм³, збільшуючись в зимовий період до 560-680 мг/дм³. Найнижчі величини мінералізації води пов'язані із збільшенням водного стоку незалежно

від пори року. При весняному водопіллі мінералізація може різко збільшитися через інтенсивний змив речовин зі всього водозбірного басейну річки. Граничні значення мінералізації води на цій ділянці річки не розкривають суті і обумовленості внутрішніх процесів у водоймі.

Мінералізація води в річці в основному знижується від весни до осені. Сезонна і просторова динаміка абсолютних величин мінералізації води для Дністра виражена слабо.

За мінералізацією та іонним складом вода нижнього Дністра відноситься до гідрокарбонатного класу групи кальцію другого типу. Домінуючими іонами у воді гирлової частини річки є HCO_3^- та Ca^{2+} .

Кисневий режим залежить від таких основних чинників, як: водний, термічний режими, стічні води підприємств промисловості, сільського господарства та населених пунктів, а також життєдіяльність гідробіонтів.

Насичення води киснем нижче 100 % свідчить про великий вплив антропогенних навантажень на річку. Проте можна відзначити чітку сезонну динаміку вмісту кисню у воді. Навесні, з активізацією процесу фотосинтезу, його концентрації збільшуються, а потім знижуються разом із зменшенням витрат води в річці, збільшенням її забрудненості та зниженням інтенсивності самоочищення [26].

Величина рН води в нижньому Дністрі коливалася в межах 7,1-8,2. Це набагато нижче спостережуваних в середині ХХ ст. величин, які становили 7,8-8,5 та 9,0. Зниження абсолютного значення цього показника свідчить також про збільшення забрудненості річки.

Вміст мінеральних форм біогенних речовин є показником рівня трофності водойми, ступені його забруднення та здатності до самоочищення [22]. Вода нижнього Дністра багата з'єднаннями азоту, фосфором і залізом. Великі концентрації з'єднань азоту, які простежуються до гирла річки, свідчать про

значне забруднення її стічними водами підприємств сільського господарства. Вміст з'єднань азоту, а також мінерального фосфору майже ніколи не знижувалося до 0 мг/дм^3 , перевищуючи норми ГДК [27]. По рівню вмісту біогенних речовин виділяється район с. Маяки.

Сезонна динаміка вмісту біогенних речовин характеризується зниженням концентрацій з'єднань азоту від весни до осені-зими, а фосфору, навпаки, збільшенням, що, ймовірно, пов'язано із зменшенням споживання його гідробіонтами.

Аналіз співвідношення розчинених і завислих форм фосфору і заліза показав, що в період весняного водопілля переважають завислі форми. Співвідношення $P_{\text{розч}}:P_{\text{зав}}$ коливається близько 1:67 вище с. Маяки, збільшуючись у с. Маяки до 1:20, а в гирлі знижуючись до 1:4. Для заліза це співвідношення менше – від 1:4 до 1:10. Влітку після проходження паводку починають переважати розчинені форми: для фосфору – 2,0:1,5; заліза – 1,5:1 і лише в гирлі, як і раніше, домінують зважені – 1:1,5. В осінній період, як і навесні, співвідношення форм склало 1:4-5 в першому випадку і 1:14-24 – в другому. У зимовий період ці показники дуже нестійкі, вони залежать від метеорологічних умов зими та річкового стоку: при великому стоці – більше зважених форм фосфору, при малому – менше.

У вмісті та співвідношенні форм заліза внутрішньорічний розподіл водного стоку істотного впливу не має. Таким чином, в Нижньому Дністрі в режимі біогенних речовин протягом року в основному домінують зважені форми заліза та фосфору.

Окислюваність води характеризується невисокими значеннями: перманганатна окислюваність (ПО) – $2,4\text{--}6,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ і біхромат на (БО) – $9,8\text{--}35,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. За течією річки, вниз до гирла, величина ПО мало розрізняється, а біхроматна окислюваність має тенденцію спочатку знижуватися, але потім в

гирлі знов збільшується. Сезонна динаміка окислюваності води виражена нечітко.

Значно краще проявляється її зв'язок з внутрішньорічним розподілом річкового стоку: при класичній формі гідрографа річкового стоку (весняне водопілля, літня межень) окислюваність води навесні зменшується, потім влітку збільшується і до осені знов зменшується, залишаючись вище за весняні значення. Якщо класичний вид гідрографа стоку порушений, тобто весняна повінь відсутня, а решта стоку рівномірно розподілена на частину року, що залишилася, то це призводить до збільшення окислюваності води.

В період весняної повені вміст органічного азоту і фосфору невеликий, набагато більших концентрацій вони досягають влітку-осінню.

Зміни термічного режиму Дністра викликані регулюванням його стоку Дністровською ГЕС. Необхідно відзначити ту особливість, що на агрегати Дністровської ГЕС подається вода з глибоких шарів водосховища. У зв'язку з цим температура води в літній період на значній відстані нижче дамби, навіть в районі с. Маяки, залишається досить низькою (7-9 °C), а взимку, навпаки, тут зберігається підвищений фон температури води навіть при порівняно холодній погоді. Змінений температурний режим у річці негативно вплинув на розмноження риби – практично зникли промислово-цінні види риб [28].

Русло річки через зменшення швидкості течії в результаті зарегулювання стоку заростає вищою водною рослинністю. Надходження холодної води у нижню течію Дністра в літній сезон посилює процеси гниття рослинності та перефітонів, що кінець кінцем призводить до вторинного забруднення води органічними речовинами і зменшенню у ній розчиненого кисню.

Одним із найважливіших компонентів водного середовища, що визначає його екологічну якість, є наявність у воді органічних забруднень. Ступінь забруднення водних об'єктів органічними речовинами визначає їх сапробність.

Одним з найбільш шкідливих проявів антропогенного впливу на водні екосистеми та гідросферу в цілому є хімічне забруднення, яке може призводити до отруєння водного середовища та його живого населення. Також дуже небезпечним є радіонуклідне забруднення гідробіоценозів, тому що воно має віддалені у часі наслідки, які проявляються через роки, століття.

1.5 Гідробіологічна характеристика

Агрофлора Дністра представлена 75 видами водоростей, з яких діатомові становлять 50%, зелені - 40%, синьо-зелені - 6%, евгленові - 2% від загальної кількості видів [12]. Протягом вегетаційного періоду основу фітопланктону формують діатомові (38 видів) і зелені (30 видів) водорості. Дещо бідніша видова різноманітність фітопланктону, порівняно з іншими ділянками Дністра, характерна для угруповань з околиць м. Новий Розділ, що пояснюється значним антропогенним навантаженням, зокрема скиданням стічних вод підприємств хімічної та нафтопереробної промисловості. Сезонна динаміка фітопланктону безпосередньо залежить від складного комплексу гідрологічних і гідрохімічних умов водойми. В усі сезони досліджуваного періоду домінантною групою водоростей на Дністрі були зелені - із загальної чисельності фітопланктону (4530 тис. кл./л) понад 50% становить частка саме зелених водоростей. Улітку видова різноманітність водоростей зростала. Порівняно з весняним періодом, улітку чисельність фітопланктону знижувалася до 1369,6 тис. кл./л з біомасою 1140,0 мг/м³. Восени рівень розвитку фітопланктону у Дністрі (біля м. Новий Розділ) залишався ще достатньо високим. Униз за течією Дністра, у міру віддалення від джерел забруднення, а також надходження до нього вод великих правобережних приток (річок Стрий, Свіча, Лімниця) якісний і кількісний склад фітопланктону збагачується [16]. Так, на гідростворі м. Галич у весняний період виявлено 41 вид

водоростей. На розвиток альгофлори Дністра значно впливають паводкові води, які транспортують значну кількість завислих речовин. З підвищенням мутності води кількість видів фітопланктону зменшувалася до 10, серед яких переважали діатомові. Їх чисельність становила 59,9 тис. кл./л за біомаси 105,0 мг/м³. Загалом, чисельність фітопланктону в літній період була дещо нижчою, ніж навесні й становила 1457,4 тис. кл./л з біомасою 1474,3 мг/м³. Восени видова різноманітність планктонних водоростей на створі біля м. Галич зменшилася до 36 видів, що, безперечно, пов'язане з низькою температурою води. Пересічно, за осінній сезон загальна чисельність фітопланктону становила 753,3 тис. кл./л з біомасою 652,0 мг/м³. Таким чином, фітопланктон Дністра характеризується бідним видовим складом і низьким кількісним розвитком і складається, переважно, з донних форм діатомових водоростей [1]. Основними екологічними факторами, які лімітують розвиток фітопланктону у верхів'ї Дністра є низька температура води, висока швидкість течії, інтенсивна турбулентність, нестійкість гідрологічного режиму, що зумовлено випаданням атмосферних опадів. У сезонній динаміці фітопланктону виявлено два максимуми: весняний та літній. В Дністрі зоопланктон характеризується незначною видовою різноманітністю: всього було знайдено 18 видів (коловертки - 9, гіллястовусі та веслоногі ракоподібні 4 та 5 відповідно). Пізніше формується зріле угруповання, видова представленість основних груп зростає. За період досліджень (1984-1987 рр.) вчені відмітили близько 50 видів та форм. У водоймі та притоках визначено 64 таксона. Найбільш багато представлені коловертки - 35 видів, а також велігери дрейсени, вперше знайдені в середній течії Дністра.

Одним із найважливіших компонентів водного середовища, що визначає його екологічну якість, є наявність у воді органічних забруднень. Ступінь забруднення водних об'єктів органічними речовинами визначає їх сапробність. Одним з найбільш шкідливих проявів антропогенного впливу на водні

екосистеми та гідросферу в цілому є хімічне забруднення, яке може призводити до отруєння водного середовища та його живого населення. Також дуже небезпечним є радіонуклідне забруднення гідробіоценозів, тому що воно має віддалені у часі наслідки, які проявляються через роки, століття.

1.6 Гідрологічні та гідрохімічні характеристики р. Ягорлик

Ягорлик (Мокрий Ягорлик) – транскордонна середня річка, ліва притока Дністра першого порядку, яка протікає по території півночі Одеської області і впадає у Ягорлицьку затоку Дубосарського водосховища на території Молдови [29]. Довжина річки 73 км, площа водозбірного басейну 1590 км². Назва її походить від тюрського слова *agrilik*, що означає «кривизна», «звистіть» (рис.1.2) [28].

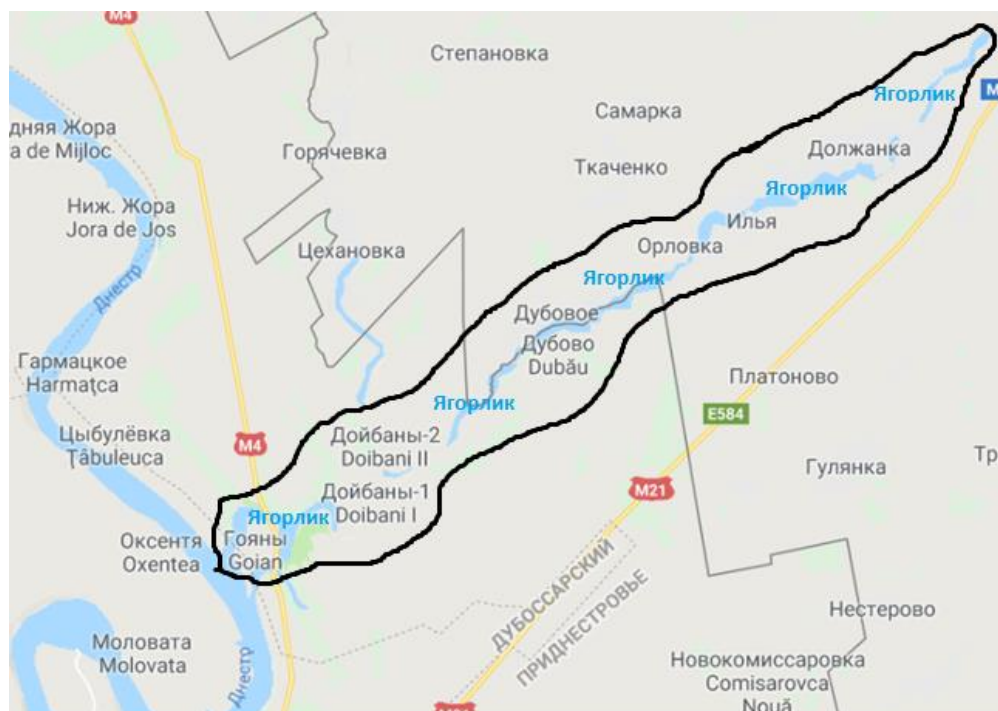


Рис. 1.2 Географічне положення річки Ягорлик

Основним елементом рельєфу є Подільська височина, з якої річка бере початок. Русло річки знаходиться на межі лісостепової (Дністровсько-

Дніпровська провінція) та степової (Правобережно - Дніпровська північностепова провінція) природних зон [30].

Заплава майже по всій довжині заросла очеретом. Річище слабозвивисте, проглядається лише на окремих ділянках, влітку часто пересихає. Річка перегороджена численними дамбами, на ній побудовано три водосховища та близько 40 ставків, багато з яких також покриті очеретяними заростями. Сумарна площа водної поверхні ставків дорівнює 781 га. Сумарна площа водної поверхні 3 водосховищ становить 243 га, повний об'єм становить 6,2 млн.м³, корисний об'єм – 5,0 млн.м³. В незадовільному стані знаходиться водосховище Дубівське [31]. Використовується на водопостачання, зрошування, рибництво.

Середня багаторічна кількість опадів на водозборі змінюється від 550 мм до 500мм, максимально можливе випаровування (теплоенергетичний еквівалент) – від 900 мм до 925 мм [32]. Коефіцієнт посушливості клімату знаходиться у межах значень 0,5-0,6, що дозволяє віднести водозбір річки Ягорлик до недостатньо зволоженої зони клімату.

За ландшафтно-гідрологічним районуванням, виконаним В.В. Гребінем [33], водозбір річки віднесений до степової посушливої ландшафтно-гідрологічної зони, Нижньобугсько-Дніпровської ландшафтно-гідрологічної провінції.

Тривалі спостереження за стоком цієї річки ведуться у створі Ягорлик – с. Дойбани (республіка Молдова, площа водозбору складає 1220 км²), починаючи з 1949р. Районування за синхронністю коливань річного стоку, виконаного Н.С. Лободою, показало, що за синхронністю коливань ця річка відноситься до підрайону Іб (лівобережні притоки Дністра у середній течії) [34]. Середній багаторічний стік за період 1949-2018 рр. становить 24 мм, максимальний річний стік – 65 мм (1963р.), мінімальний річний стік – 10мм (1958р.). Коефіцієнт варіації річного стоку у створі р.Ягорлик –с.Дойбани дорівнює 0,49, що також вказує на умови формування стоку близькі до умов лівобережних приток Дністра, а коефіцієнт асиметрії дорівнює 1,045. Установлене відношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації, яке дорівнює 2,13.

Аналіз хронологічного графіка річного стоку (рис.1.3) показав, що найбільш багатоводними були 1963 та 1980 роки. Після 1989 року, багатоводні роки рідкої повторюваності не спостерігалися. Статистично значущого тренду у коливаннях стоку при розгляді усього періоду спостережень не встановлено. 1989 рік визнається переламним у ході температур повітря на території України. Саме з цього року почалися статистично значущі зміни у коливаннях температур повітря в Україні. Однак при розгляді різницевої інтегральної кривої (рис.1.4), отримуємо, що остаточний перехід у маловодну фазу відбувся не у 1989 році, а у 2005 році, тобто набагато пізніше ніж на річках Північно-Західного Причорномор'я [35]. Ця обставина може бути пов'язана із зрошуванням земель Дністровською водою. У період з 2005 по 2015 рр. (маловодна фаза коливань стоку) спостерігалися як дуже маловодні (2015р.), так і маловодні й середні за водністю роки. У ході максимумів весняного водопілля виявлена тенденція до зменшення максимального стоку (рис.1.5).



Рис 1.3 – Хронологічний графік річного стоку у створі р. Ягорлик, - с.Дойбани

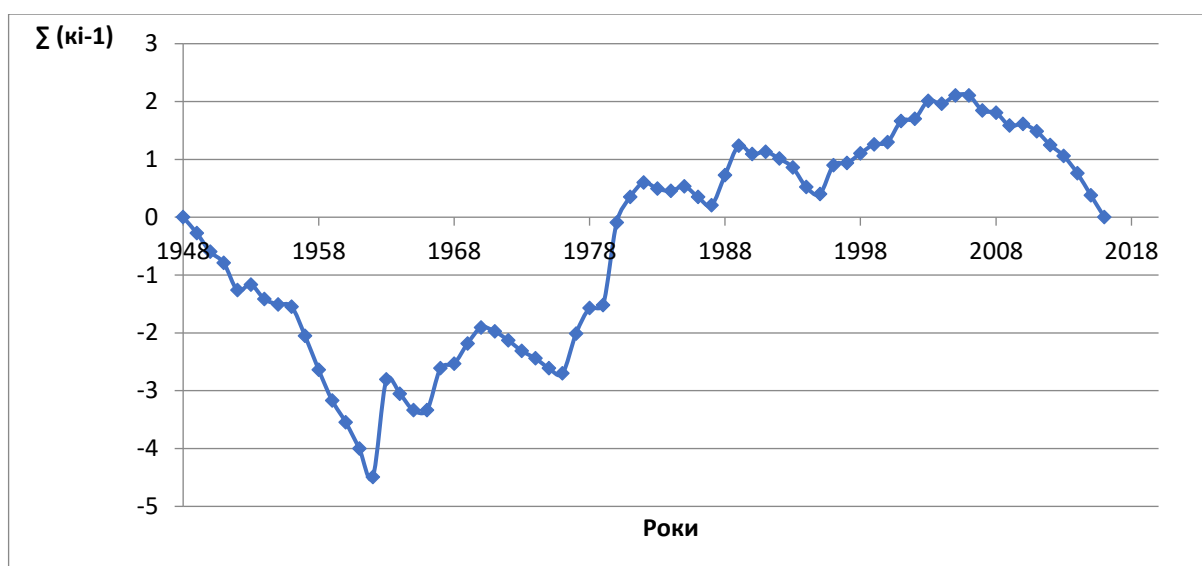


Рис. 1.4 – Різницева інтегральна крива річного стоку у створі р. Ягорлик, - с.Дойбани

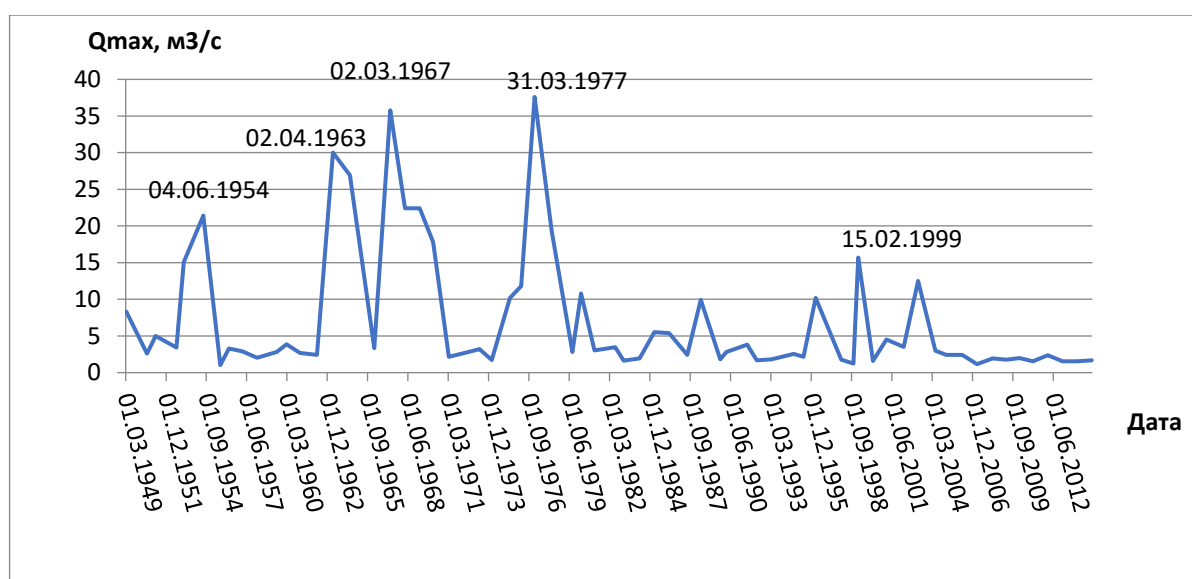


Рис. 1.5 – Графік ходу максимальних витрат річного стоку у створі р. Ягорлик, - с. Дойбани за період 1949 – 2015рр.

З графіку 1.5 видно, що максимальний стік спостерігався переважно у лютому, березні та квітні місяці, тобто у період весняного водопілля.

Весняне водопілля проходить у лютому-березні-квітні, досягаючи максимумів у березні (табл.1.1). У середні та багатоводні роки значна частина

стоку проходить також у лютому та квітні. У маловодні та дуже маловодні зменшується внесок стоку за лютий та зростає роль таких місяців як жовтень та листопад, коли стік формується за рахунок дощових опадів [36].

Таблиця 1.1 – Внутрішньорічний розподіл стоку по місяцях для різних за водністю років (р.Ягорлик –с. Дойбани)

Водність року	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
середній	7,13	12,0	19,6	11,8	7,45	7,23	6,08	4,32	4,76	5,73	6,75	7,05
багато-водний	7,28	17,3	24,4	14,3	4,90	7,02	5,28	2,77	6,13	3,37	3,36	3,75
мало-водний	4,37	5,67	27,5	14,0	8,73	5,24	1,31	0,87	3,49	10,0	10,9	7,86

Гідрохімічні спостереження ведуться у створі с. Артирівка (Україна, площа водозбору складає 79 км²), починаючи з 2003 року. Формування основного хімічного складу води відбувається у період зимових паводків та весняних водопіль. Мінералізація у річці змінюється від 694,97 мг/дм³ до 1276,56 мг/дм³, жорсткість – від 5,5 мг-екв/дм³ до 14,5 мг-екв/дм³. Вода належить до гідрокарбонатного, групи кальцію-натрію другого типу [37].

За формулою Курлова [37] хімічний склад підземних вод має такий вид (1.1)

$$\frac{HCO_3 66 SO_4 24 Cl 10}{Ca 21 (Na+K) 41 Mg 38} \quad (1.1)$$

2 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

2.1 Поняття оцінки екологічної обстановки

Оцінка екологічної обстановки дозволяє визначити екологічний стан водних об'єктів та установити сукупний ефект впливу забруднювальних речовин.

Нормування якості головних компонентів природного середовища полягає у встановленні меж допустимих змін їх властивостей. Норми повинні встановлюватися по реакції самого чутливого організму-індикатора, але практично найбільш часто встановлюють санітарно-гігієнічні або економічно доцільні нормативи [6].

Якість природного середовища за рівнем забруднення вважається задовільною при дотриманні двох основних умов: концентрації індивідуальних забруднювальних речовин C_i повинні бути менше їх ГДК (гранично допустимої концентрації), тобто має виконуватись умова $C_i \leq \text{ГДК}_i$. При наявності групи речовин односпрямованої дії, одночасно присутніх у водному середовищі, сума відношення їх концентрацій до ГДК повинна бути менше одиниці ($\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \leq 1$).

Ці умови для водних об'єктів визначаються виходячи з лімітуючих показників шкідливості (ЛПШ), які можуть бути такими: загально санітарними (ЗС); санітарно-токсикологічними (СТ); органолептичними (ОЛ) і токсикологічними (Т). У зіставленні зі значеннями ГДК, екологічну обстановку характеризують за ступенем неблагополуччя відповідно до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Класифікація екологічної обстановки [27]

Обстановка	Критерії оцінки обстановки
Відносно задовільна	$C_i \leq ГДК_i$, для всіх речовин
Напружена	$C_i \approx 10 ГДК_i$
Критична	$C_i \approx (20-30) ГДК_i$
Кризова (надзвичайна екологічна ситуація)	$C_i > 50 ГДК_i$ Стійкі негативні зміни в природному середовищі. Зникнення окремих видів тварин і рослинності. Загроза здоров'ю людини.
Катастрофічна (екологічне лихо)	Глибокі незворотні зміни в природному середовищі. Порушення рівноваги, деградація флори і фауни, втрата генофонду. Погіршення здоров'я людей.

2.2 Екологічні показники моніторингу та оцінка екологічної обстановки

На першому етапі розрахунків установлювалося відношення $\frac{C_i}{C_{ГДК}}$. Були визначені кількість випадків перевищення ГДК питного водопостачання для кожної хімічної речовини. Отримано, що в створі Дністер - смт. Біляївка перевищення ГДК за даними ДАВР про хімічний склад води за період 2008-2018 рр. мають місце для БСК₅, завислих речовин, сульфатів, хлоридів, амонію, нітрит-іонів, нітрат-іонів, фосфат-іонів, ХСК, СПАР (табл.2.2). За даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР за 1967-2018 роки перевищення спостерігається для БСК₅, завислих речовин, сульфатів, хлоридів,

амонію, нітрит-іонів, калій-іонів, натрій-іонів, магній-іонів, кальцій-іонів та розчиненого кисню (табл.2.3).

У створі Ягорлик – с. Артирівка перевищення ГДК за період 2004-2018 рр. спостерігаються за такими речовинами: БСК₅, завислих речовин, сульфатів, нітрит-іонів, магній-іонів, СПАР та ХСК (табл.2.4).

Умови $C_i > 10$ ГДК, $C_i > 20-30$ ГДК, $C_i \cong 30 - 40$ ГДК, $C_i > 50$ ГДК виконується тільки для завислих речовин за всіма даними. Однак, при розгляді середніх багаторічних даних періоду 1967-2018 рр. отримуємо перевищення ГДК майже за усіма речовинами (табл.2.3). У період 2008-2018 рр. збільшується кількість випадків перевищення ГДК для хлору та ХСК (табл.2.2). У створі р. Ягорлик – с. Артирівка екологічна обстановка також є «напруженою». Випадків більш ніж 10-кратне перевищення ГДК не виявлено [38].

Емпірична ймовірність перевищення ГДК розраховувалась як відношення кількості випадків, коли $C_i > \text{ГДК}$, до загального числа випадків [39]. Величини ГДК брались для питного водопостачання [40], оскільки води річки Дністер використовуються для питного водопостачання багатьох областей.

Емпірична ймовірність перевищення ГДК питного водопостачання є високою для завислих речовин у створі Дністер – с. Біляївка 99%. Ймовірність перевищення ГДК більш ніж у 50 разів становить 77 % (табл. 2.5, табл. 2.6). У період 2008-2018 ймовірність перевищення ГДК хлором досягла 55%. Для створу р. Ягорлик – с. Артирівка існує ймовірність перевищення ГДК за іонами магнію – 77% , БСК₅ -26%, хімічним споживанням кисню -35% (табл. 2.7) [41].

Таблиця 2.2 – Кількість випадків перевищення ГДК за 2008-2018 роки

(р. Дністер-Біляївка)

Речовина	Ci ≤ ГДК	Ci > 1-10 ГДК	Ci ≈ 10 - 20 ГДК	Ci ≈ 20- 30 ГДК	Ci ≈ 30- 50 ГДК	Ci>50ГДК
Азот загальний, мг\дм ³	0	0	0	0	0	0
БСК5, МгО\дм ³	123	16	0	0	0	0
Завислі речовини, мг\дм ³	0	139	0	0	0	108
Кисень розчинений МгО ₂ \дм ³	5	135	0	0	0	0
Сульфат-іони, мг\дм ³	134	6	0	0	0	0
Хлорид-іони, мг\дм ³	58	82	0	0	0	0
Амоній-іони, мг\дм ³	139	1	0	0	0	0
Нітрат-іони, мг\дм ³	136	4	0	0	0	0
Нітрит-іони, мг\дм ³	139	1	0	0	0	0
Фосфат-іони (поліфосфати), мг\дм ³	140	0	0	0	0	0
Синтетичні поверхнево- активні речовини (аніонні), мг\дм ³	139	1	0	0	0	0
Перманганатна окислюваність, мгО\дм ³	0	0	0	0	0	0
Хімічне споживання кисню, мгО\дм ³	31	109	0	0	0	0

Таблиця 2.3 – Кількість випадків перевищення ГДК за 1967-2018 роки
(дані з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР, р. Дністер-
Біляївка))

Речовина	$C_i \leq \text{ГДК}$	$C_i > 1-10$ ГДК	$C_i \approx 10 -$ 20 ГДК	$C_i \approx 20-$ 30 ГДК	$C_i \approx 30-$ 50 ГДК	$C_i >$ 50ГДК
Кальцій-іони, мг\дм ³	284	57	0	0	0	0
БСК5, МгО\дм ³	339	68	0	0	0	0
Завислі речовини, мг\дм ³	0	37	37	28	71	185
Кисень розчинений МгО ₂ \дм ³	11	405	0	0	0	0
Сульфат-іони, мг\дм ³	412	52	0	0	0	0
Хлорид-іони, мг\дм ³	396	69	0	0	0	0
Амоній-іони, мг\дм ³	255	68	0	0	0	0
Натрій-іони, мг\дм ³	293	15	0	0	0	0
Нітрит-іони, мг\дм ³	370	9	0	0	0	0
Магній-іони, мг\дм ³	330	3	0	0	0	0
Калій-іони мг\дм ³	108	2	0	0	0	0
Залізо загальне, мгО\дм ³	149	74	0	0	0	0
Хімічне споживання кисню, мгО\дм ³	113	62	0	0	0	0

Таблиця 2.4 – Кількість випадків перевищення ГДК за 2004-2018 роки
(для р. Ягорлик - Артирівка)

Речовина	$C_i \leq \text{ГДК}$	$C_i > 1-10$ ГДК	$C_i \approx 10 -$ 20 ГДК	$C_i \approx 20-$ 30 ГДК	$C_i \approx 30-$ 50 ГДК	$C_i >$ 50ГДК
БСК5, мгО/дм ³	38	17	0	1	0	0
Завислі речовини, мг/дм ³	0	55	7	3	13	32
Кисень розчинений МгО ₂ /дм ³	6	48	0	0	0	0
Сульфат-іони, мг/дм ³	47	8	8	0	0	0
Хлорид-іони, мг/дм ³	57	0	0	0	0	0
Нітрат-іони, мг/дм ³	27	0	0	0	0	0
Нітрит-іони, мг/дм ³	48	7	7	0	0	0
Магній-іони, мг/дм ³	5	50	49	0	0	0
СПАР, мг/дм ³	48	7	7	0	0	0
Фосфати, мг/дм	54	0	0	0	0	0
Хімічне споживання кисню, мгО/дм ³	30	23	23	0	0	0

Таблиця 2.5 Відносна частота випадків перевищення ГДК (%) за 2008-2018 роки (р. Дністер-Біляївка)

Речовина	Емпірична ймовірність (відносна частота) появи випадків із перевищенням ГДК, %	
	Ci > ГДК	Ci > 50ГДК
Азот загальний, мг\дм ³	0	0
БСК5, МгО\дм ³	11	0
Завислі речовини, мг\дм ³	99	77
Кисень розчинений МгО ₂ \дм ³	96	0
Сульфат-іони, мг\дм ³	4	0
Хлорид-іони, мг\дм ³	59	0
Амоній-іони, мг\дм ³	1	0
Нітрат-іони, мг\дм ³	3	0
Нітрит-іони, мг\дм ³	1	0
Фосфат-іони (поліфосфати), мг\дм ³	0	0
Синтетичні поверхнево-активні речовини (аніонні), мг/дм ³	1	0
Перманганатна окислюваність, мгО/дм ³	0	0
Хімічне споживання кисню, мгО/дм ³	0	0

Таблиця 2.6 Відносна частота випадків перевищення ГДК (%) за 1967-2018 роки (дані з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВРр. Дністер-Біляївка)

Речовина	Емпірична ймовірність (відносна частота) появи випадків із перевищенням ГДК, %	
	Сі > ГДК	Сі > 50ГДК
Кальцій-іони, мг\дм ³	12	0
БСК5, МгО\дм ³	13	0
Завислі речовини, мг\дм ³	67	39
Кисень розчинений МгО ₂ \дм ³	84	0
Сульфат-іони, мг\дм ³	11	0
Хлорид-іони, мг\дм ³	14	0
Амоній-іони, мг\дм ³	14	0
Натрій-іони, мг\дм ³	3	0
Нітрит-іони, мг\дм ³	2	0
Магній-іони, мг\дм ³	1	0
Калій-іони мг/дм ³	0	0
Залізо загальне, мгО/дм ³	15	0
Хімічне споживання кисню, мгО/дм ³	13	0

Таблиця 2.7 Відносна частота випадків перевищення ГДК (%) за 2004-2018 роки (р. Ягорлик - Артирівка)

Речовина	Емпірична ймовірність (відносна частота) появи випадків із перевищенням ГДК, %	
	Ci > ГДК	Ci > 50ГДК
БСК5, МгО\дм ³	26	0
Завислі речовини, мг\дм ³	85	20
Кисень розчинений МгО ₂ \дм ³	74	0
Сульфат-іони, мг\дм ³	12	0
Хлорид-іони, мг\дм ³	0	0
Нітрат-іони, мг\дм ³	28	0
Нітрит-іони, мг\дм ³	0	0
Магній-іони, мг\дм ³	77	0
Синтетичні поверхнево-активні речовини (аніонні), мг/дм ³	11	0
Фосфат-іони (поліфосфати), мг\дм ³	0	0
Хімічне споживання кисню, мгО/дм ³	35	0

2.3 Оцінка екологічного стану у створах р. Дністер- Біляївка та р. Ягорлик - Артирівка за БСК₅

Оцінку якості вод з окремих позицій можна проводити із застосуванням індивідуальних показників якості. Таким показником, на наш погляд, можна вважати оцінку за вмістом БСК₅.

Біохімічне окиснення – процес бактеріального розкладу та окиснення органічних речовин (метаболіти, детрит), який трапляється по всій водній товщі: органічні речовини розкладаються до діоксиду вуглецю, амонійного, нітритного, нітратного, фосфатного, сульфатного іонів, силікатної кислоти, вільного азоту та інших продуктів і частково трансформуються в стійкі до окиснення органічні сполуки. Швидкість розкладання та окиснення органічних речовин пропорційна температурі води: із змінням температури на 10 °C швидкість окиснення органічних речовин змінюється у 2,2 рази. Концентрація кінцевих продуктів окиснення органічних речовин у водному об'єкті пропорційна концентрації органічних речовин, які окиснюються.

Найчастіше вживається значення БСК₅ – біохімічне споживання кисню протягом 5 діб і БСК_{пов} (БСК₂₀) – повне біохімічне споживання кисню, закінчення якого визначається початком процесу нітрифікації, як правило, через 15-20 діб. Значення БСК₅ використовується для оцінки ступеня забруднення водного об'єкту органічними речовинами, які легко окиснюються [42].

У поверхневих водах значення БСК₅ змінюється від 0,5 до 40 мг/дм³ щодо О₂ і мають місце сезонні та добові його коливання. Сезонні переважно залежать від зміння температури та початкової концентрації розчиненого кисню, добові – від початкової концентрації розчиненого кисню, яка може протягом доби змінюватися на 2,5 мг/дм³ залежно від співвідношення інтенсивності процесів продукування (фотосинтез) і споживання (дихання тваринних і рослинних організмів та деструкція органічних речовин) [4].

Цей показник можна вважати одним з показників, які характеризують екологічний стан водних об'єктів. Концентрація БСК вказує, скільки кисню

необхідно бактеріям для окислення органічних речовин у воді, відображає трофічні умови існування планктону і тому є критерієм якості води. Виходячи зі значень концентрацій $БСК_5$ у водному середовищі, авторами робіт [43, 44] запропоновано опосередковано класифікувати якість поверхневих вод (табл. 1.1).

Таблиця 2.2.1 – Класифікація якості вод за величиною $БСК_5$ [44]

Рівень забруднення	Концентрація $БСК_5$, мг/дм ³	Екологічний стан водного об'єкту
Дуже чисті	0,5 – 1,0	Стадія зворотних змін
Чисті	1,1 – 1,9	
Помірно забруднені	2,0 – 2,9	Порогова стадія
Забруднені	3,0 – 3,9	Стадія незворотних змін
Брудні	4,0 – 10,0	

За даними спостережень оцінювалась частота появи різних рівнів забруднення. У створі р. Дністер – смт Біляївка за період з 1967-2018 рр. спостерігається рівень забруднення «дуже чисті» - 3,6 %, «чисті» - 38,1% , «помірно забруднені» - 45,3%, «забруднені» - 8,4%, «брудні» - 4,6%. Отже, переважає рівень забруднення «помірно забруднені». За даними ДАВР періоду спостережень 2008-2018 рр. установлений рівень забруднення такий: «дуже чисті» - 3,3 %, «чисті» - 40,7% , «помірно забруднені» - 35,0%, «забруднені» - 8,9 %, «брудні» - 12,2 %. Отримані результати дозволили зробити висновок, що рівень забруднення дещо зменшився. Таким чином, екологічний стан водного об'єкту, оцінений за $БСК_5$, коливається від стадії зворотних змін до порогової (рис. 2.2, рис.2.3)

У створі р. Ягорлик – с. Артирівка за період з 2004 – 2018 рр. частота появи рівня забруднення «дуже чисті» становить - 3,3 %, «чисті» - 12% , «помірно забруднені» - 45,1%, «забруднені» - 10,3%, «брудні» - 29,3%. Екологічний стан вод річки Ягорлик знаходиться на пороговій стадії, що свідчить про існування можливості недосягнення доброго екологічного стану (рис.2.3).

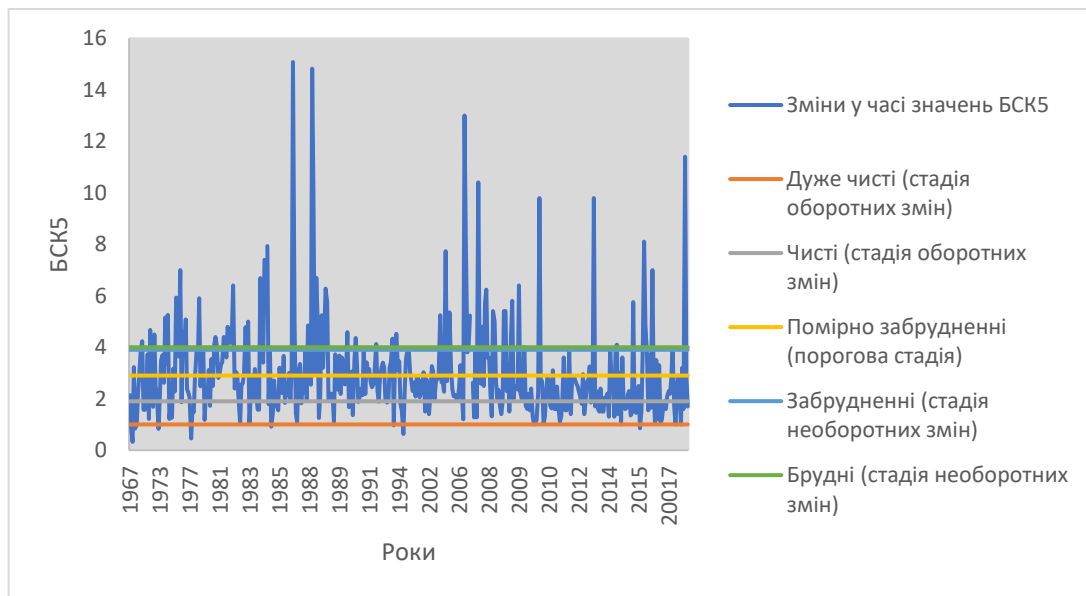


Рис.2.1 – Мінливість значень показника БСК₅ по датах відбору проб у пункті спостережень створі р. Дністер – смт Біляївка за період з 1967-2018 рр.

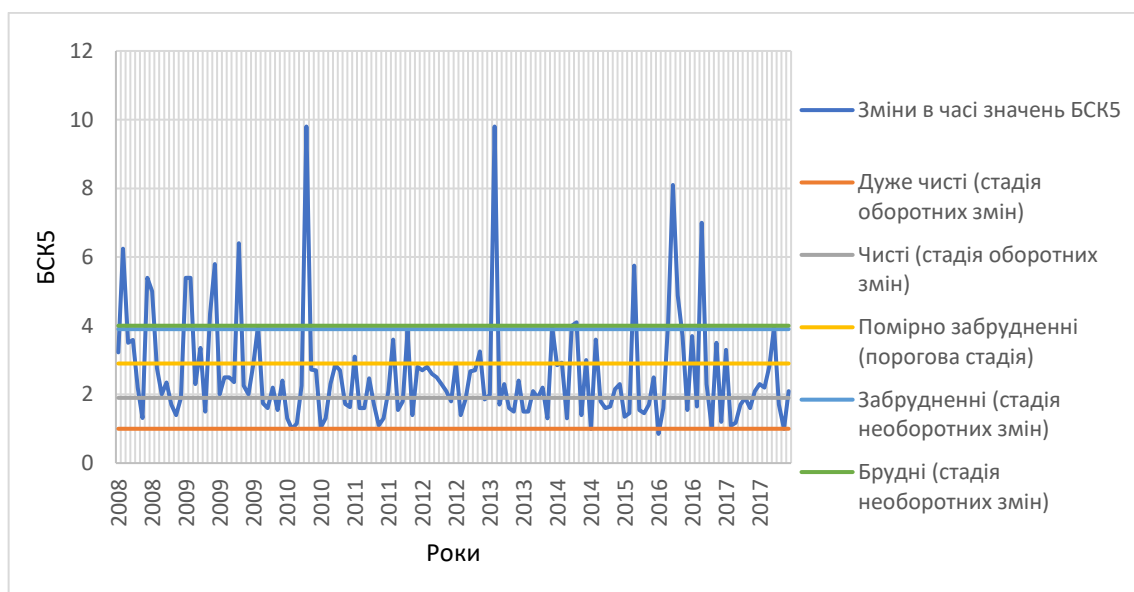


Рис.2.2 – Мінливість значень показника БСК₅ по датах відбору проб у пункті спостережень р. Дністер-Біляївка (дані з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВРр. Дністер-Біляївка)

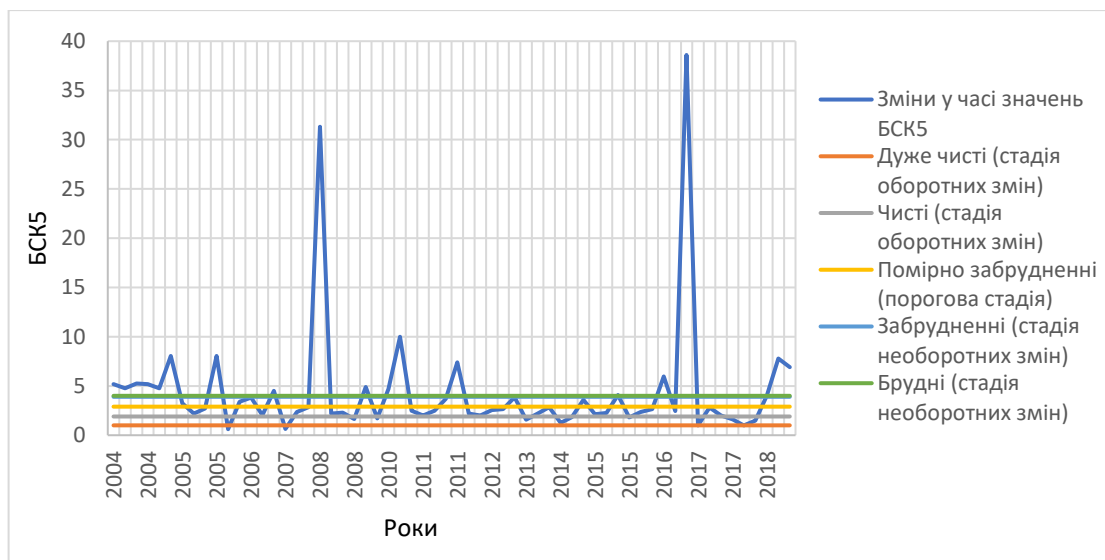


Рис.2.3 – Мінливість значень показника БСК₅ по датах відбору проб у пункті спостережень р. Ягорлик – с. Артирівка.

3 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ЗА ДАНИМИ ГІДРОХІМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

3.1 Загальне визначення поняття екологічного ризику

Небезпека – це ситуація, здатна в певних умовах призвести до виникнення небезпечних факторів, під впливом яких можуть наступати несприятливі події і процеси (природні катастрофи або стихійні лиха, аварії, економічні або соціальні кризи, тощо), тобто виявляється негативний вплив на природні об'єкти і населення. Небезпека – це здатність заподіяти якоїсь шкоди, загрози життю і здоров'ю людини іншим його цінностям [45].

Джерела екологічної небезпеки – це забруднені природні об'єкти із зміненими фізико-хімічними характеристиками і властивостями (внаслідок природних явищ та стихійних лих; техногенних аварій і катастроф, тривалої господарської діяльності), здатні привести до виникнення факторів небезпеки. Джерела техногенної небезпеки – це підприємства, які здійснюють підвищену небезпечну діяльність [46].

Ризик екологічний – ймовірність настання події, яка викликана негативним впливом господарської та іншої діяльності, надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру та має несприятливі наслідки для природного середовища.

Ризикова подія визначається як небажана подія, яка може задати шкоди природному середовищу, здоров'ю людини [6]. Будь-які господарські чи інші рішення слід приймати з таким розрахунком, щоб не перевищувати межі шкідливого впливу на навколишнє середовище. Встановити їх іноді складно, бо пороги впливу багатьох антропогенних і природних чинників невідомі.

Стратегія управління екологічним ризиком може ґрунтуватися на виборі рівня ризику в межах від допустимого до максимального.

Допустимий ризик в екології характеризує загрозу виникнення екологічних збитків, коли концентрації забруднювальних речовин не перевищують ГДК (гранично допустиму концентрацію). Максимальний допустимий ризик виникає тоді, коли концентрація забруднювальної речовини перевищує гранично допустиме значення. За межами максимально допустимого ризику настає загроза катастрофічного забруднення. Ризик страховий – подія або сукупність ризикових подій, на випадок настання яких проводиться страхування.

Ризики в природокористуванні оцінюються через ймовірність появи несприятливих для експлуатації природних ресурсів наслідків. У такому разі до кількісних оцінок ризикових подій можна залучити відношення між концентрацією речовини та її ГДК: $C/ГДК$ або $C/C_{ГДК}$.

Шкала експертного якісного і кількісного оцінювання рівня ризиків R може бути складена, виходячи з широко використовуваних в сучасній науці і техніці числових градацій відповідно до числа Міллера, рівних 7 ± 2 [47]. В цій методиці використовується семантична диференціація шкал у вигляді наступних рівнів якості води : «дуже чисті – чисті – помірно забруднені – забруднені - брудні – дуже брудні – надзвичайно брудні».

Ідентифікація ризиків забруднень пов'язується з діяльністю, спрямованою на виявлення можливості прояву несприятливих подій, зміни якості водного середовища, які погіршують функціональні можливості водного об'єкта та інших наслідків, здатних привести до будь- яких збитків, втрат.

Достатньою підставою для визначення факту існування ризику є подання двох умов:

а) ймовірність появи ризикових подій;

б) сприйнятливість об'єкта до зовнішнього впливу (можливість отримання відчутного збитку).

При вирішенні задач оцінки екологічних ризиків розраховуються показники R , які базуються на визначенні співвідношення концентрацій забруднювальної речовини та її ГДК

$$R \cong C > C_{ГДК}, \quad (3.1)$$

$$R = \frac{C}{C_{ГДК}} > 1, \quad (3.2)$$

$$R \approx \frac{C_{ГДК}^i}{C} < 1, \quad (3.3)$$

$$R \approx \frac{C_{ГДК}^i}{C_i} > 1, \quad (3.4)$$

де C_i – рівень концентрації i -ї забруднювальної речовини;

R – кількісний показник ризику;

C – концентрація речовини;

$C_{ГДК}^i$ – гранично допустима концентрація для i -ї забруднювальної речовини.

Кожна речовина (i), яка може забруднити воду, має свій показник гранично допустимої концентрації (ГДК $_i$). Останній призначається в залежності від виду водокористувача [48, 49]. При ідентифікації ризиків екологічних збитків і збитків здоров'ю людини в разі забруднення середовища декількома незалежними хімічними речовинами може бути використаний нормований агрегований (сумарний) індекси забруднення у вигляді:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{ГДК}^i}{C_i} > 1, \quad (3.6)$$

де n – кількість розглянутих хімічних речовин.

З урахуванням ймовірності настання ризикової події показник ризику набуває вигляду:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{ГДК}} \cdot \frac{Na_i}{N} > 1, \quad (3.7)$$

де C_i – концентрація i -тої забруднювальної речовини в пробі;

$C_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація;

Na_i – число проб з показником, які перевищують ГДК;

N – загальне число відібраних проб.

При підготовці управлінських рішень, пов'язаних з ризиковими подіями, необхідна якісна і кількісна оцінка можливих ризикових ситуацій. Якісна оцінка дозволяє оцінити можливі зони ризику за такими критеріями:

прийнятність – виявлення прийнятності ризику;

допустимість – виявлення допустимого ризику;

критичність – виявлення зони критичного ризику;

неприпустимість – виявлення зони катастрофічного ризику.

У цій методиці аксіоматичним є допущення, ще більшість результатів господарської діяльності, в тому числі й ті, які зумовлюють забруднення навколишнього середовища (зокрема, водного середовища), являють собою випадкові величини і підкоряються закону, близькому до нормального (закону Гаусса). Нормальний закон розподілу випадкової величини дуже часто використовується при вивченні показників ризику.

Перевірка відповідності досліджуваної випадкової величини R на підпорядкованість її нормальному закону розподілу виконувалась наступним чином.

На першому етапі використовується критерій Гаусса [39]:

$$\frac{\sigma_R}{\rho_R} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \approx 1,25, \quad (3.8)$$

де σ_R – середнє квадратичне відхилення показника ризику R_i від його середнього арифметичного значення ($R_{сер}$)

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (R_i - R_{сер})^2}{k-1}}, \quad (3.9)$$

ρ_R – середнє арифметичне відхилення виду

$$\rho_R = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k |R_i - R_{сер}|, \quad (3.10)$$

де k – довжина ряду значень R , які осереднювались

$$R_{сер} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i \quad (3.11)$$

Отримані результати записані в таблиці 3.1 та таблиці 3.2

Таблиця 3.1 Статистичні параметри ряду показника ризиків R
(за даними ДАВР про хімічний склад води у створі Дністер – Біляївка)

Середнє арифметичне значення R_{cp}	Середнє квадратичне відхилення σ_R	Критерій Гаусса
87,2	30,11	1,25

Таблиця 3.2 Статистичні параметри ряду показника ризиків R
(за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР у
створі Дністер – Біляївка)

Середнє арифметичне значення R_{cp}	Середнє квадратичне відхилення σ_R	Критерій Гаусса
0,21	0,20	1,20

Таблиця 3.2 Статистичні параметри ряду показника ризиків R
(у створі р. Ягорлик – с. Артирівка)

Середнє арифметичне значення R_{cp}	Середнє квадратичне відхилення σ_R	Критерій Гаусса
59,6	19,11	1,20

За результатами розрахунків зроблений висновок, що отримані ряди R за двома групами даних підпорядковуються нормальному закону розподілу.

3.2 Розрахунок стандартного та модифікованого індексу забруднення води

Поряд із величиною R розраховувався індекс забруднення води ІЗВ, який у стандартному вигляді визначається за шістьма показниками (NH_4^+ , NO_2^- , НП, C_6H_5OH , O_2 , БСК₅ згідно з такою формулою [45]:

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (3.12)$$

де C_i – концентрація розглянутої речовини;

ГДК_i – гранично допустима концентрація.

Модифікований індекс ІЗВ розраховувався за такими шістьма показниками: O_2 , БСК₅, які є обов'язковими, а інші чотири показники за найбільшим відношенням до ГДК із списку.

Для розрахунків показника ризику за формулою (3.7) необхідно знати величини N та N_A . З цією метою для кожного року спостережень для кожної речовини розраховувалося відношення $\frac{N_A}{N}$. Якщо $N_A = 0$, то для відповідного C_i добуток $\frac{C_i}{C_{ГДК}} \cdot \frac{N_A}{N}$ також буде рівним нулю. В результаті розрахунків був отриманий для кожного року показник ризику R (табл. 3.3, табл. 3.4) та модифікований індекс забруднення ІЗВ (табл.3.5, табл. 3.6 та табл. 3.7).

Таблиця 3.3 Показник ризику R для періоду 2008-2018 рр. у створі
Дністер - смт. Біляївка (за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів
Одеського ОВР)

Роки	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
R	124,5	116,9	115,9	76,15	116,9	102,3	73,6	87,4	54,7	47,7	43,2

Таблиця 3.4 Показник ризику R для періоду 1967-2018 рр. у створі
Дністер - смт. Біляївка (за даними ДАВР про хімічний склад води)

Роки	R	Роки	R
1967 1968	Дані відсутні	1988	0,10
1969	0,09	1989 – 2003	Дані відсутні
1970	0,11	2003	0,19
1971	0,06	2004	0,00
1972	0,00	2005	0,02
1973	0,00	2006	0,01
1974 - 1975	Дані відсутні	2007	0,24
1976	0,00	2008	0,37
1977	0,50	2009	0,22
1978	0,47	2010	0,19
1979	0,31	2011	0,22
1980	Дані відсутні	2012	0,43
1981	0,10	2013	0,28
1982	0,34	2014	0,05
1983	0,33	2015	0,01
1984	0,55	2016	0,04
1985	0,70	2017	0,03
1986	0,63	2018	0,14
1987	0,08		

Таблиця 3.5 Показник ризику R для періоду 2004-2018 рр. у створі
Ягорлик – с. Артирівка

Роки	R	Роки	R	Роки	R
2004	20,02	2009	69,39	2014	58,19
2005	42,24	2010	85,34	2015	70,69
2006	49,14	2011	40,08	2016	44,82
2007	66,38	2012	49,65	2017	67,24
2008	85,35	2013	87,63	2018	58,62

Таблиця 3.5 – Модифікований індекс якості ІЗВ , розрахований за період
2008-2018 рр. у створі Дністер - смт. Біляївка

Роки	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ІЗВ	21,1	18,9	19,8	13,0	14,8	9,5	12,6	11,2	9,2	8,1	5,7

Слід зазначити, що без урахування завислих речовин розраховані значення ІЗВ були б значно меншими. В даному випадку, щоб урахувати внесок завислих речовин розрахунки ІЗВ відбувалися за такими показниками: хлориди, СПАР, нітрати та завислі речовини (табл.3.5).

Таблиця 3.6 – Модифікований ІЗВ , розрахований за період 1967-2018 рр.
у створі Дністер - смт. Біляївка

Роки	ІЗВ	Роки	ІЗВ
1967 1968	Дані відсутні	1988	0,74
1969	0,56	1989 – 2003	Дані відсутні

1970	0,72	2003	0,65
1971	0,74	2004	0,46
1972	0,62	2005	0,53
1973	0,49	2006	0,59
1974 - 1975	Дані відсутні	2007	0,72
1976	0,44	2008	0,74
1977	0,81	2009	0,7
1978	0,97	2010	0,85
1979	0,82	2011	0,89
1980	Дані відсутні	2012	0,91
1981	0,98	2013	0,86
1982	0,53	2014	0,66
1983	0,7	2015	0,66
1984	0,89	2016	0,63
1985	1,08	2017	0,62
1986	0,99	2018	0,67
1987	0,73		

Таблиця 3.7 – Модифікований індекс якості ІЗВ , розрахований за період
2004-2018 рр. у створі Ягорлик- с. Артирівка

Роки	ІЗВ	Роки	ІЗВ	Роки	ІЗВ
2004	2,66	2009	11,99	2014	10,27
2005	7,43	2010	14,66	2015	12,31
2006	8,89	2011	7,21	2016	7,96
2007	5,62	2012	10,55	2017	8,18
2008	12,6	2013	15,12	2018	10,21

За даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР за 1967-2018 роки модифікований ІЗВ розраховувався за такими показниками: БСК₅, хлоридів, амонію, нітрит-іонів, заліза загального та розчиненого кисню (табл.3.6).

Побудова графіків зв'язку показників ризику R з модифікованим ІЗВ та отримання рівняння лінійної регресії (рис.3.1, рис.3.2, рис.3.3), показали, що між характеристикою ризику та характеристикою якості води існує тісний лінійний зв'язок, який оцінюється коефіцієнтами кореляції ($r = 86$ рис.3.1, $r = 74$ рис.3.2, $r = 0,70$).

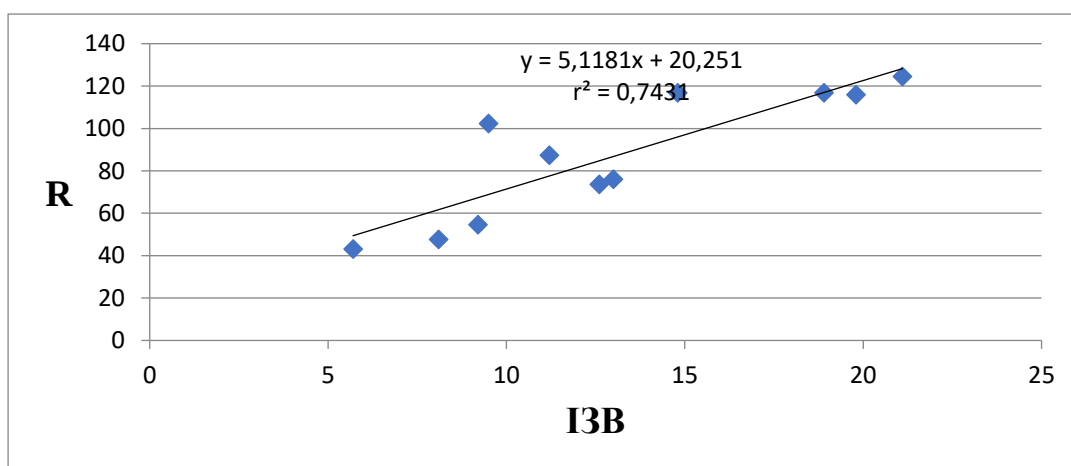


Рисунок 3.1 - Графік зв'язку R з модифікованим ІЗВ за період 2008-2018 рр. у створі Дністер - смт. Біляївка (за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР)

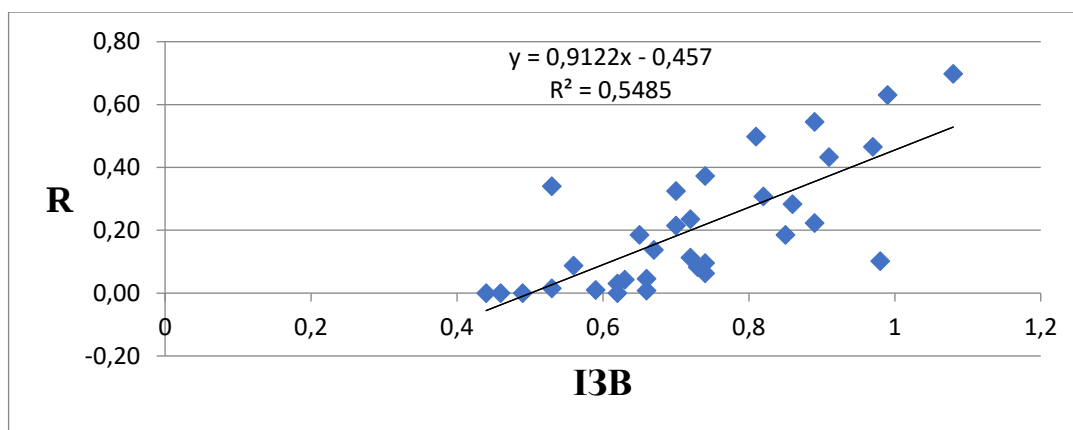


Рисунок 3.2 - Графік зв'язку R з модифікованим $I3B$ за період 1967-2018 рр.
у створі Дністер - смт. Біляївка (за даними ДАВР про хімічний склад
води)

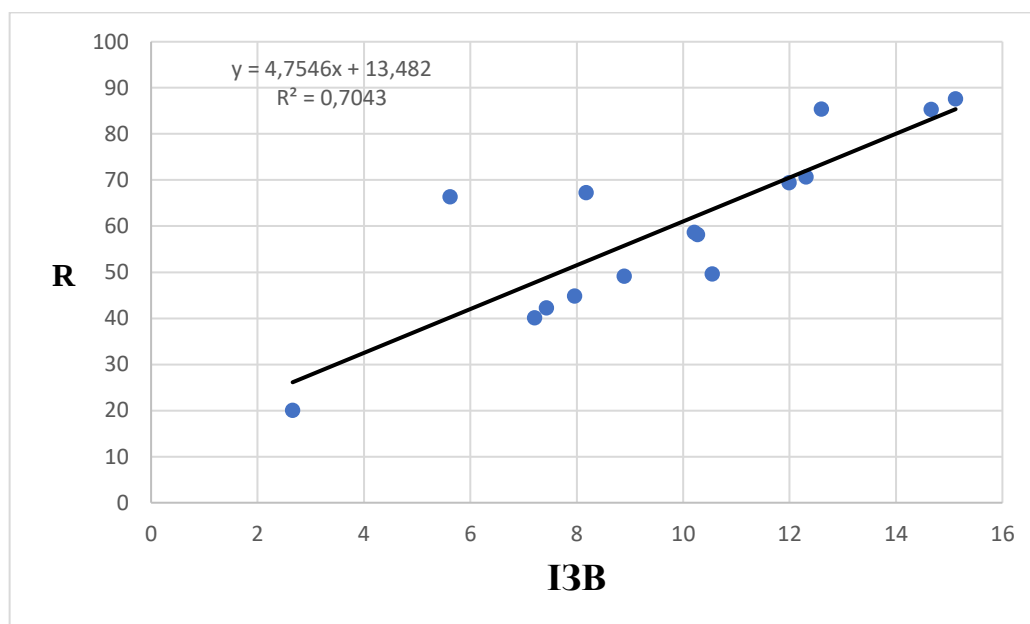


Рисунок 3.3 - Графік зв'язку R з модифікованим $I3B$ за період 2004-2018 рр.
у створі Ягорлик - смт. Артирівка

З цих графіків витікає, що чим більше значення $I3B$, тим більше значення R . Інакше кажучи, із зростанням забруднення зростає показник ризику R .

За таблицею класу якості вод в залежності від значення індексу ІЗВ (табл.3.8) та за отриманим графіку зв'язку ІЗВ й R була встановлена відповідність класів якості води та якісних і кількісних характеристик рівня збитку (табл. 3.9, табл. 3.10 та табл. 3.11).

Таблиця 3.8 – Класи якості вод в залежності від величини індексу забруднення води [45]

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

Таблиця 3.9 – Кількісні характеристики ймовірності збитку
(за даними ДАВР про хімічний склад води у створі Дністер – Біляївка)

ІЗВ	R	Клас якості вод	Якісна характеристика рівня збитку	Кількісна характеристика ймовірності збитку	Зона ризику
до 0,2	<21	Дуже чисті, I	Надзвичайно низький	0-0,1	Немає ризику

0,2-1	21-25	Чисті, II	Дуже низький	0,1-0,25	Зона прийнятного ризику
1-2	25-30	Помірно забрудненні, III	Низький	0,25-0,40	Зона допустимого ризику
2-4	30-40	Забрудненні, IV	Середній	0,40-0,60	Зона критичного ризику
4-6	40-50	Брудні, V	Високий	0,60-0,75	Зона критичного ризику
6-10	50-80	Дуже брудні, VI	Дуже високий	0,75-0,9	Зона катастрофічного (неприпустимого) ризику
>10	>80	Надзвичайно забруднені, VII	Надзвичайно високий	0,9-1,00	Зона незворотності втрати якості об'єкта

Таблиця 3.10 – Кількісні характеристики ймовірності збитку
(за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР)

ІЗВ	R	Клас якості вод	Якісна характеристика рівня збитку	Кількісна характеристика ймовірності збитку	Зона ризику
до 0,2	0	Дуже чисті, I	Надзвичайно низький	0-0,1	Немає ризику
0,2-1	0-0,45	Чисті, II	Дуже низький	0,1-0,25	Зона прийнятного ризику

1-2	>0,45- 1,37	Помірно забрудненні, III	Низький	0,25-0,40	Зона допустимого ризик
2-4	>1,37- 3,19	Забрудненні, IV	Середній	0,40-0,60	Зона критичного ризик
4-6	>3,19- 5,02	Брудні, V	Високий	0,60-0,75	Зона критичного ризик
6-10	5,02- 8,66	Дуже брудні, VI	Дуже високий	0,75-0,9	Зона катастрофіч- ного (неприпусти- мого) ризик
>10	>8,66	Надзвичайно забруднені, VII	Надзвичайно високий	0,9-1,00	Зона незворотност і втрати якості об'єкта

Таблиця 3.11 – Кількісні характеристики ймовірності збитку у створі
Ягорлик – с. Артирівка

ІЗВ	R	Клас якості вод	Якісна характеристика рівня збитку	Кількісна характе- ристика ймовірності збитку	Зона ризик
до 0,2	<15	Дуже чисті, I	Надзвичайно низький	0-0,1	Немає ризик
0,2- 1	15-22	Чисті, II	Дуже низький	0,1-0,25	Зона прийнятн

1-2	>22-25	Помірно забрудненні, III	Низький	0,25-0,40	Зона допустимого ризику
2-4	>25-32	Забрудненні, IV	Середній	0,40-0,60	Зона критичного ризику
4-6	>32-42	Брудні, V	Високий	0,60-0,75	Зона критичного ризику
6-10	42-61	Дуже брудні, VI	Дуже високий	0,75-0,9	Зона катастрофічного (неприпустимого) ризику
>10	>61	Надзвичайно забруднені, VII	Надзвичайно високий	0,9-1,00	Зона незворотності втрати якості об'єкта

За даними про R була побудована емпірична крива розподілу забезпеченостей цієї випадкової величини. Забезпеченість є ймовірністю перевищення заданої величини, вона розраховується за наступною формулою

$$P = \frac{m}{k+1}, \quad (3.13)$$

де P - забезпеченість;

m – номер значення R в убутному ранжованому ряду;

k – кількість значень у ряді.

На отриманих емпіричних кривих виділені різні зони ризику (рис. 3.2, рис 3.3). Таким чином, у повсякденній практиці можна визначати зони ризику в

залежності від значення, яке прийняла величина R , визначена за даними гіdroхімічних спостережень.

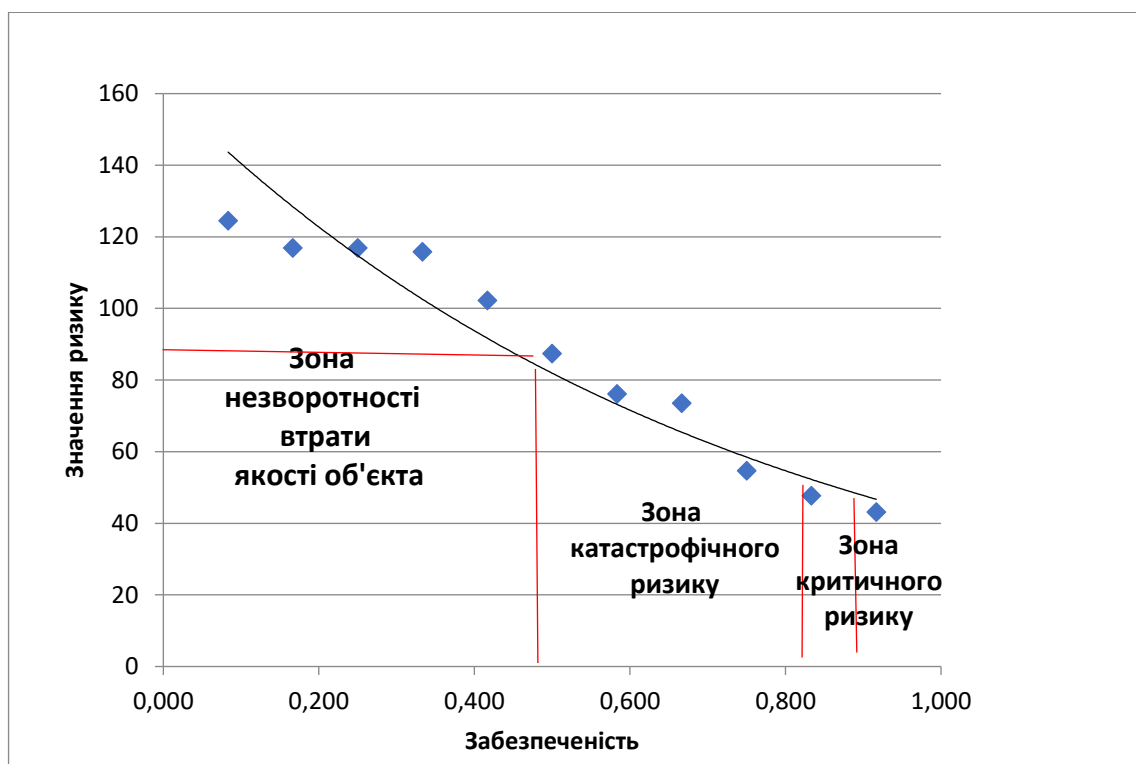


Рис. 3.2 – Емпірична крива розподілу забезпеченостей показника ризику R та виділені зони ризику (за даними ДАВР про хімічний склад води у створі Дністер – Біляївка)

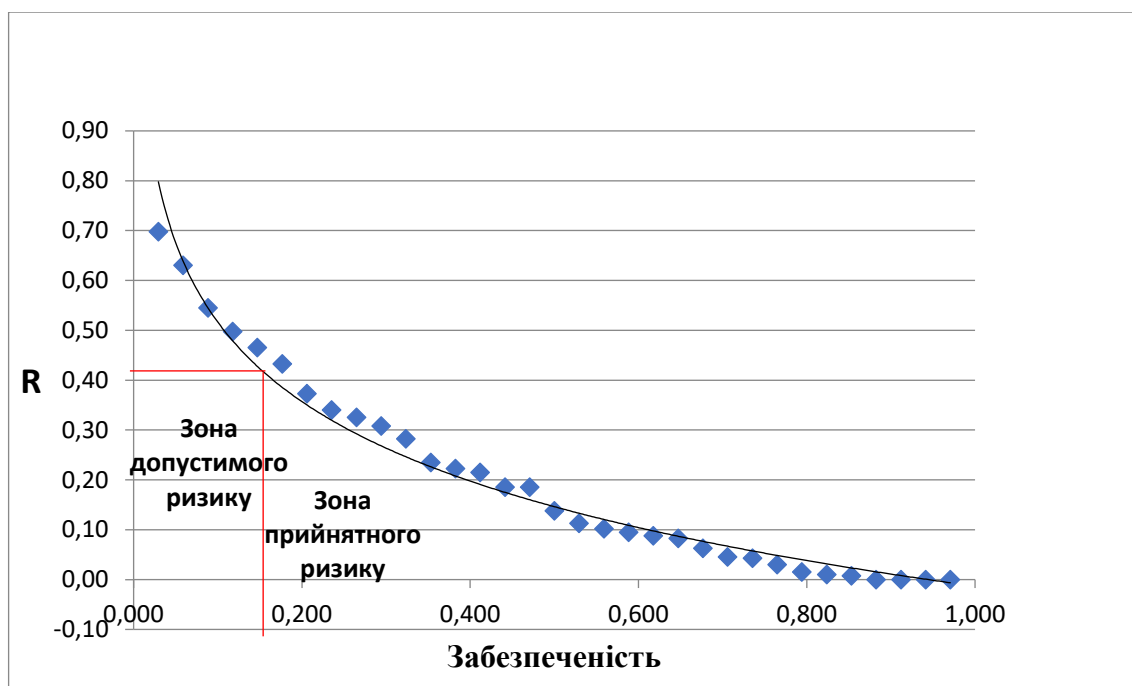


Рис. 3.3 – Емпірична крива розподілу забезпеченостей показника ризику R та виділені зони ризику (за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР)

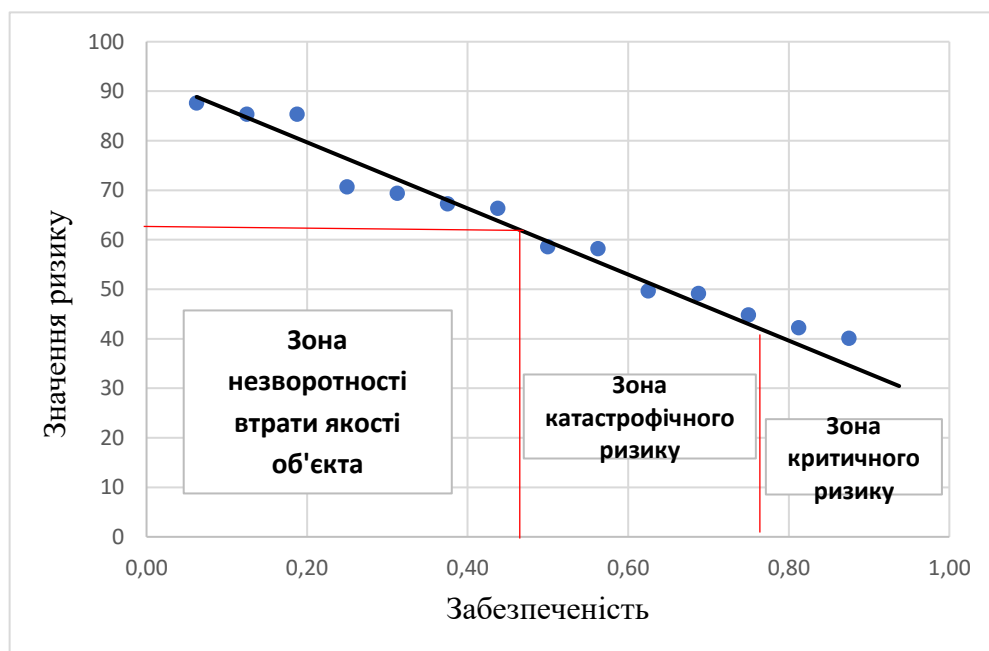


Рис. 3.4 – Емпірична крива розподілу забезпеченостей показника ризику R та виділені зони ризику (у створі р. Ягорлик – с. Артирівка)

4 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВОД СПОЛУКАМИ АЗОТУ

4.1. Законодавча база оцінки забруднення вод сполуками азоту

Істотним поштовхом до розвитку законодавчої бази щодо якості води та управління водними ресурсами країни стало підписання і ратифікація Угоди про асоціацію між Україною та ЄС[50].

Основна робота нині полягає в гармонізації (шляхом транспозиції) українського водного законодавства з 6-ма водними директивами ЄС:

- Водна рамкова директива (ВРД),
- Директива про питну воду,
- Директива про очистку міських стічних вод,
- Нітратна директива,
- Директива про оцінку та управління ризиками затоплення,
- Директива щодо морського середовища.

Нітратна директива є головним міжнародним документом, зобов'язання щодо якого має виконати Україна. Вона спрямована на запобігання забрудненню підземних та поверхневих вод нітратними сполуками внаслідок сільськогосподарської діяльності, насамперед, шляхом стимулювання впровадження кращих методів ведення сільськогосподарського виробництва.

Відповідно до Нітратної директиви, імплементація її положень зокрема передбачає:

- визначення поверхневих та підземних вод, які зазнають забруднення, або ж для яких є ризик такого забруднення за критеріями і підходами, визначеними Нітратною директивою;
- визначення зон, уразливих до нітратного забруднення для кожного водного об'єкту;

- розроблення кодексів кращих методів ведення сільськогосподарського виробництва для їх застосування аграріями на добровільній основі;

- розроблення плану дій для зон, уразливих до нітратного забруднення, що містять заходи, спрямовані на мінімізацію нітратного забруднення, у тому числі, заходи стимулювання впровадження кращих практик ведення сільськогосподарського виробництва;

- проведення моніторингу забруднення поверхневих і підземних вод нітратними сполуками, евтрофікації поверхневих вод, оцінки впливу «Планів дій на якість води та методи ведення сільськогосподарського виробництва».

Повноцінна робота з імплементації положень Нітратної директиви потребує тісної взаємодії Мінприроди і Мінагрополітики, насамперед для вирішення наступних питань:

- оцінки поточного стану нормативно-правового регулювання щодо ведення сільськогосподарського виробництва, поводження з добривами, запровадження сівозмін, тощо;

- напрацювання проектів законодавчих, нормативно-правових актів, регламентів (ДСТУ), методичних рекомендацій з імплементації окремих положень Нітратної директиви;

- координації міжвідомчої взаємодії.

За сприяння Проекту ЄС «Підтримка України в апроксимації напрацьованого законодавства ЄС у сфері навколишнього середовища» (надалі - APENA) підготовлені базові документи, що мають лягти в основу впровадження вказаної директиви відповідно до Плану її імплементації (затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2014 р. № 847-р.). Зокрема є підготовленими наступні документи:

1. Методика визначення зон, вразливих до нітратних сполук;
2. Кодекс кращих сільськогосподарських практик;
3. Оцінка відповідності законів та нормативно-правових актів України вимогам положень Кодексу кращих сільськогосподарських практик.

Окрім цього, здійснене практичне застосування підготовленої Методики з метою виділення та візуалізації вразливих зон на карті України, а також за результатами здійснення усіх перелічених вище робіт, виконана загальна оцінка стану імплементації Нітратної директиви в Україні. 8 грудня 2017 року відбувся семінар у м. Києві за підтримки проекту APENA, на якому були представлені головні напрацювання за вказаним напрямком та обговорені подальші перспективи, пов'язані насамперед з посиленням співпраці й координації дій між Мінприроди та Мінагрополітики.

Мінприроди активно стежить за роботою робочих груп ICPDR (з оцінки забруднення та нітратної групи) та відслідковує усі напрямки розвитку вказаних питань. Експерти нітратної робочої підгрупи ICPDR визнали недостатню ефективність заходів адміністративного впливу (заборон, обмежень і скорочень) щодо впровадження Кодексу, в результаті чого ICPDR було ініційовано розробку нового керівного рекомендаційного документа: «Настанова зі сталої сільськогосподарської практики» [51].

Забруднення вод біогенними елементами (сполуками фосфору та азоту) є однією з головних причин незадовільної якості води більшості водних об'єктів. Це, у свою чергу, є причиною цілої низки таких проблем, як зміна біологічної різноманітності і продуктивності водойм внаслідок евтрофікації, поширення захворювань пов'язаних з підвищеним вмістом забруднюючих речовин, особливо у сільських населених пунктах.

Наявність підвищеної кількості поживних елементів є рушійною силою евтрофікації вод, яка проявляється у неконтрольованому підвищенні біомаси фіто- і зоопланктону, вищих водних рослин та порушенні природної рівноваги біологічної продуктивності. Наступне за цим розкладання відмерлих решток значної маси гідробіонтів спричинює активне споживання кисню на їх окиснення і їх подальше накопичення патогенної мікрофлори та специфічних токсинів. Внаслідок цього погіршуються органолептичні показники води та санітарно-гігієнічний стан водного об'єкта, створюються умови для виникнення засухи, а вода у цілому стає непридатною для питного і господарського користування.

Основні зусилля у боротьбі з вказаною проблемою передбачають попередження надходження у водні об'єкти надлишкової кількості сполук азоту та фосфору. Тривалий час забруднення вод біогенними елементами пов'язувалось виключно з дією стаціонарних (точкових) джерел забруднення. Водночас, досвід розвинених країн свідчить про вагому роль нестаціонарних (розподілених) джерел забруднення, кількісний вплив яких значно змінюється у просторі і часі. Винесення біогенних елементів з водозбірної площі суттєво інтенсифікується сільськогосподарським освоєнням території.

Регулювання забруднення вод біогенними елементами від розподілених (дифузних) джерел передбачено вимогами Нітратної директиви ЄС, впровадження якої передбачено міжнародними зобов'язаннями України. Вказана директива спрямована на запобігання забрудненню підземних та поверхневих вод нітратними сполуками внаслідок сільськогосподарської діяльності, насамперед шляхом стимулювання впровадження кращих методів ведення сільськогосподарського виробництва [52].

Сільське господарство суттєво впливає на якість ґрунтових і поверхневих вод. Для зменшення забруднення 1991 року в ЄС було прийнято так звану «Директиву щодо нітратів» (91/676/ЄС).

Це один із найперших законодавчих актів ЄС, спрямований на боротьбу із забрудненням води і підвищенням її якості. Директива є невід'ємною частиною Водної рамкової директиви й одним із ключових інструментів захисту водних ресурсів від негативного навантаження від сільського господарства, а також запроваджує незалежну практику господарювання і визначає напрями, що потребують більшої уваги, тощо.

Хоча азот є життєво важливою поживною речовиною, що сприяє зростанню рослин і сільськогосподарських культур, його високі концентрації є шкідливим для людини і природи. Майже всі нітрати розчиняються у воді.

4.2 Забруднення біогенними речовинами та їх наслідки

Забруднення питної води біогенними речовинами може призвести до серйозних наслідків для здоров'я людини. Одним з найбільш поширених наслідків такого забруднення є захворювання на так званий синдром «синюшної дитини» (метгемоглобінемія), різні онкологічні захворювання, несприятливі репродуктивні наслідки (особливо дефекти нервової трубки плода), діабет і захворювання щитовидної залози. Надмірна кількість нітратів у воді сприяє розмноженню водоростей і ціанобактерій. Використання у сільському господарстві нітратів, які містяться в органічних та хімічних добривах, є фактично основним джерелом забруднення води в Європі. На початку 90-х років минулого сторіччя використання мінеральних добрив поступово скорочувались і стабілізувалось у 2000-х роках. Однак на сільське господарство все ще припадає понад 50 % від загального обсягу азоту, що надходить до поверхневих вод.

Директива щодо нітратів застосовується у так званих «вразливих зонах». Вразливі зони визначаються як території з:

А) поверхневими або підземними водами, особливо якщо вони використовуються або слугують джерелом питної води, в яких концентрації нітратів перевищують або складають близько 50 мг/л;

Б) поверхневі води, якість яких може погіршитися під впливом високої концентрації нітратів від сільськогосподарських джерел.

Визначення вразливих зон є предметом досліджень та підлягає внесенню необхідних змін щонайменше один раз на чотири роки [53].

4.3 Методика визначення зон, чутливих до нітратних сполук

Ця методика встановлює порядок визначення зон, вразливих до забруднення нітратними сполуками, які надходять від сільськогосподарських джерел відповідно до вимог Директиви 91/676/ЄЕС щодо охорони вод від

забруднення, спричиненого нітратами від сільськогосподарських джерел (далі Нітратна директива).

Поверхневі та підземні води у вразливих зонах та інших районах сільської місцевості мають підвищені концентрації нітратних сполук. Збагачення води сполуками азоту та іншими біогенними елементами призводить до евтрофікації водних об'єктів, що проявляється у масовому розвитку водної флори, небажаному порушенні балансу організмів з наступним зниженням якості води.

Нітратна директива спрямована на зменшення забруднення вод нітратними сполуками від розподілених джерел сільськогосподарського походження і має подвійну ціль:

- зменшити забруднення вод від дії сільськогосподарських джерел;
- запобігти такому забрудненню у майбутньому.

Нітратна директива спрямована на води, забруднені нітратними сполуками, а також евтрофні прісні і прибережні води.

Вагомим інструментом зниження негативного впливу сільськогосподарських джерел на стан водних ресурсів є визначення зон, вразливих до дії нітратних сполук. *Чутливі зони* – ділянки суші, з яких відбувається стік у водні об'єкти, що забруднені нітратними сполуками, або можуть бути забруднені ними у майбутньому.

Визначення вразливих зон має бути виконано протягом 2-х років після впровадження Нітратної директиви. З метою забезпечення основного рівня охорони вод від забруднення нітратними сполуками розробляється Кодекс кращих сільськогосподарських практик, якого у обов'язковому порядку мають дотримуватись виробники у вразливих зонах та на добровільних началах – всі інші виробники.

Для зменшення забруднення вод нітратними сполуками у визначених вразливих зонах запроваджується цілеспрямована програма робіт [54].

4.4 Визначення критерію чутливих зон

Директива з питної води визначає граничне значення вмісту нітратних сполук, перевищення якого може призвести до шкоди здоров'ю людини, на рівні 50 мг/дм^3 , у перерахунку на азот це відповідає $11,3 \text{ мгN/дм}^3$. Таким чином, це значення буде використовуватись для оцінки якості води поверхневих вод відповідно до Нітратної директиви.

Для підземних вод у директиві прямо зазначено граничне значення концентрації нітратних сполук на рівні 50 мг/дм^3 ($11,3 \text{ мгN/дм}^3$).

Беручи до уваги біогеохімічну нестійкість нітрогену критерій чутливості визначається за загальною концентрацією:

$$k_n = \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- , \quad (5.1)$$

де k_n – критерій чутливості території до забруднення сполуками азоту;

NH_4^+ – концентрація азоту амонійного; NO_2^- – концентрація азоту нітритного;

NO_3^- – концентрація азоту нітратного.

4.5 Обґрунтування критеріальної бази для встановлення евтрофного стану

“Евтрофікація являє собою збільшення первинної продукції та накопичення органічної речовини внаслідок збагачення води поживними речовинами, які стимулюють розвиток автотрофних гідробіонтів, зокрема цвітіння води та заростання вищою водною рослинністю. Наслідком цього процесу є небажане порушення балансу організмів у водному об’єкті та зниження якості води” [55].

Рушійною силою евтрофікації є збагачення води біогенними елементами, що відіграють роль поживних речовин для розвитку автотрофів. Серед них домінуючу роль відіграють сполуки фосфору та нітрогену, в окремих випадках можуть чинити вплив ферум, силіцій та молібден. З двох перших елементів

більшу роль має фосфор, азот значно рідше лімітує розвиток автотрофних організмів, що пов'язано із здатністю багатьох бактерій і ціанобактерій до його фіксації.

У внутрішніх прісних водах лімітуючим елементом евтрофікації є фосфор [56, 57, 58].

Для перехідних і прибережних вод більшу роль у процесі евтрофікації відіграє вміст нітрогену.

Дослідження [59, 60, 61] показують, що окремо фосфор і нітроген значно менше стимулюють фітопланктону, ніж за їхньої спільної присутності.

Із сказаного витікає, що для цілей Нітратної директиви щодо встановлення наявності евтрофікації водних масивів мають використовуватись як неорганічні сполуки нітрогену, так і фосфору.

Не дивлячись на те, що вміст біогенних елементів є рушійною силою, між цими показниками не завжди витримується прямий зв'язок. Вагому роль чинять морфометричні показники водного об'єкта, температура, водообмін, наявність стратифікації, виникнення гіпоксії та ін. Вміст біогенних елементів свідчить лише про потенційні умови виникнення евтрофікації, остаточний висновок роблять на підставі біологічних показників.

У специфікаціях ВРД для визначення окремих класів екологічного стану зазначено, що для показників водної флори має фіксуватись відсутність/наявність прискореного зростання водоростей. Вміст біогенних елементів має забезпечувати досягнення значень біологічних складових якості. З цього слідує, що визначення евтрофікації входить до оцінок екологічного стану за ВРД, відсутність евтрофікації є частиною специфікації «доброго» екологічного стану.

Найбільш чутливими до підвищеного вмісту біогенних елементів є показники водної флори - фітопланктон, фітобентос, макроводорості та вищі водяні рослини.

За критерій відсутності евтрофікації приймається відповідність показників водної флори та вмісту біогенних елементів характеристикам «доброго» екологічного стану.

Про наявність евтрофікації у водному масиві свідчить «поганий» і «дуже поганий» екологічний стан, встановлений за типоспецифічними характеристиками водної флори та біогенних елементів. Водні масиви, які мають «задовільний» стан за типоспецифічними характеристиками водної флори і біогенних елементів, можуть стати евтрофними у майбутньому (табл.4.1).

Таблиця 4.1 Порівняльний аналіз оцінок стану за ВРД та Нітратною директивою [57]

Екологічний стан	Визначення за ВРД	Визначення за Нітратною директивою
Відмінний	Практично непорушені природні умови	Незабруднені, не евтрофні води, визначення чутливих зон не вимагається
Добрий	Незначні зміни у складі і біомасі біологічних показників	Незабруднені, не евтрофні води, визначення чутливих зон не вимагається
Задовільний	Помірні зміни у складі і біомасі біологічних показників	Забруднені, евтрофні води, або ті, що стануть такими у майбутньому, вимагається
Поганий	Великі зрушення біологічних угруповань	Забруднені, евтрофні води, вимагається визначення
Дуже поганий	Дуже значні зрушення біологічних угруповань	Забруднені, евтрофні води, вимагається визначення чутливих зон

У Нітратній директиві зазначено, що при застосуванні критеріїв встановлення зон, чутливих до дії нітратних сполук, необхідно враховувати:

- фізичні і екологічні характеристики води і ґрунтів;
- поведінку азотних сполук у навколишньому середовищі (воді та ґрунтах);

Азотні сполуки є речовинами, що містять у своєму складі азот, за винятком газоподібного молекулярного азоту.

Завдяки здатності азоту набувати 9 валентних станів він виявляє надзвичайно високу міграційну здатність у навколишньому середовищі. У природних водах азот може існувати у вигляді органічних і неорганічних сполук. Переважна частина органічних сполук азоту є інертною, натомість неорганічні сполуки відзначаються високою швидкістю трансформацій. У природних водах проходять 2 протилежні процеси: нітрифікації; денітрифікації. Швидкість першого процесу значно перевищує швидкість другого.

У цілому, при низьких значеннях рН, Eh та температури води накопичуються іони NH_4^+ , які є першими неорганічними продуктами біохімічного розкладання гідробіонтів. При високих значеннях рН, Eh та температури води складаються умови для домінування іонів NO_3^- , абсолютна концентрація яких буде залежати від споживання гідробіонтами в період вегетації. Іони NO_2^- , в умовах природних вод є нестабільними [62].

Беручи до уваги біогеохімічну нестійкість азоту, а також здатність автотрофних гідробіонтів до його поглинання для виділення зон, чутливих до дії нітратів, пропонується використовувати концентрацію не тільки нітратних сполук, а сумарний вміст у воді неорганічного нітрогену ($N_{\text{неорг}}$) (NH_4^+ , + NO_2^- + NO_3^-).

Чутливою до дії нітратних сполук зоною вважається територія річкового басейну, розташована нижче водного масиву, де встановлено перевищення порогового значення $k_{\text{неорг}}$, що становить 11,3 мг. Якщо перевищення порогового значення встановлено на основній річці, то до чутливої зони включають всі водні масиви до впадіння в море/озеро. Якщо перевищення порогового значення встановлено на притоці, то чутливою зоною вважається тільки водний масив, до якого відноситься дана притока.

Визначення зон, чутливих до дії нітратних сполук проводиться на підставі даних моніторингу. У разі їхньої відсутності можливо застосовувати результати моделювання.

У якості просторових одиниць визначення чутливих зон до дії нітратних сполук використовують масиви поверхневих вод, встановлені на підставі типізації районів річкових басейнів.

4.6 Виявлення чутливості р.Ягорлик – с. Артирівка до нітратного забруднення та оцінка ризиків

У роботі розглянуті поквартальні дані гіdroхімічних спостережень за 2004-2018 роки у створі р. Ягорлик – с. Артирівка, а також поквартальні дані гіdroхімічних спостережень за 1967-2018 роки (за даними ДАВР про хімічний склад води у створі Дністер – Біляївка) та поквартальні дані за 2004-2018 роки (за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР р. Дністер – смт. Біляївка).

Згідно із нітратною директивою ГДК NO_3 для питного користування становить 50 мг/дм^3 , ГДК для України $40\text{-}45 \text{ мг/дм}^3$.

У створі р. Ягорлик – с. Артирівка, перевищення рибогосподарського ГДК спостерігалось у першому (2011, 2012 роки) та другому (2017 р.) кварталах. Концентрації NH_4 , та NO_2 ГДК питного користування не перевищували.

Якщо розглядати рибогосподарські ГДК, то їх перевищення для NH_4 спостерігалось у першому кварталі (2017 р.) та третьому кварталі (2008, 2013, 2018 рр.); для NO_2 - у першому (2013 р.) та третьому (2018 р.) кварталах.

У створах р. Дністер – Біляївка за даними ДАВР про хімічний склад води та за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР перевищення ГДК питного користування та рибогосподарського ГДК згідно нітратної директиви - не спостерігалось. А отже, нітратного забруднення на цій річці немає.

Отже, можна зробити висновок, що нітратного забруднення на цій річці практично немає. Ймовірність перевищення ГДК нітрогенами не перевищує 0,21%.

Розрахунки критерію чутливості до забруднення нітрогенами k_N (див. табл.5.5) підтверджують, що реальної загрози забруднення поки що немає.

Перевищення критерію спостерігалось 2 рази у першому кварталі та по одному разі у другому та третьому кварталах.

Значне перевищення ГДК питного користування концентрацією іонів NO_3 спостерігалось у першому кварталі (рис. 5.1), коли на річці підвищується водність у період відлиг та водопіль і відбувається змив забруднювальних речовин з поверхні водозбору.

Таблиці 4.1 Критерій чутливості до забруднення нітрогенами k_N
(для р. Ягорлик – Артирівка)

Роки	k_N			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
2004	6,791	0,009	0,360	0,031
2005	6,757	0,008	1,441	1,360
2006	2,684	0,240	0,774	0,003
2007	2,684	0,240	0,746	0,003
2008	4,650	0,342	1,165	4,402
2009	0,070	0,000	0,000	0,000
2010	1,126	0,070	1,379	0,610
2011	22,966	3,386	2,369	5,192
2012	18,350	4,603	4,439	0,000
2013	3,650	4,515	5,236	2,721
2014	5,034	5,363	6,140	4,966
2016	3,837	2,935	15,420	4,077
2017	4,740	15,128	4,626	4,294

2018	5,196	0,193	0,576	3,837
------	-------	-------	-------	-------

Таблиці 4.2 Критерій чутливості до забруднення нітрогенами k_N
(за даними ДАВР про хімічний склад води у створі Дністер – Біляївка)

Роки	k_N			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1967	0,001	0,35	0,45	0,8
1968	0,000	0,600	0,435	1,035
1969	0,000	1,467	0,300	0,950
1970	0,050	0,600	0,313	0,963
1971	0,195	3,883	0,470	4,548
1972	0,065	1,333	0,055	1,398
1973	0,065	0,800	0,066	0,865
1974	0,060	0,867	0,590	0,927
1975	0,029	2,073	1,065	2,102
1976	0,036	2,480	0,039	2,516
1977	0,035	2,208	0,035	2,243
1978	0,013	2,250	0,012	2,263
1979	0,016	2,154	0,136	2,307
1980	0,032	2,396	0,234	2,662
1981	0,067	2,280	0,730	3,077
1982	0,333	3,037	1,003	4,373
1983	0,067	2,280	0,730	3,077
1984	0,333	3,037	1,003	4,373
1985	0,239	3,140	0,993	4,372
1986	0,247	3,263	0,947	4,457
1987	0,234	7,468	0,308	8,010
1988	0,097	5,434	0,368	5,900
1989-1998	Дані відсутні			
1999	0,000	0,200		0,200
2000	2,810	0,903	0,060	3,773
2001	0,664	7,467	0,113	8,244
2002	0,137	6,942	0,168	7,246
2003	0,171	5,311	0,613	6,095

2004	0,061	3,640	0,258	3,959
2005	0,069	6,800	0,146	7,014
2006	0,099	6,371	0,191	6,662
2007	0,434	5,951	0,137	6,522
2008	0,080	6,984	0,137	7,200
2009	0,086	6,117	0,102	6,305
2010	0,086	6,117	0,102	6,305
2011	3,705	3,750	3,901	11,355
2012	0,989	5,742	1,060	7,791
2013	0,099	5,381	0,194	5,674
2014	0,096	4,877	0,087	5,061
2015	0,110	3,773	0,276	4,160
2016	0,082	3,486	0,304	3,871
2017	0,108	3,383	0,455	3,946
2018	0,050	5,500	0,500	6,050

Таблиці 4.3 Критерій чутливості до забруднення нітрогенами k_N
(за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР р. Дністер
— смт. Біляївка)

Роки	k_N			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
2004	0,019	0,822	0,200	1,040
2005	0,021	1,535	0,113	1,669
2006	0,030	1,438	0,148	1,617
2007	0,132	1,343	0,106	1,582
2008	0,024	1,577	0,106	1,707
2009	0,026	1,381	0,079	1,486
2010	0,026	1,381	0,079	1,486
2011	1,130	0,846	3,024	5,000
2012	0,302	1,296	0,822	2,420
2013	0,030	1,215	0,151	1,395
2014	0,029	1,101	0,068	1,198
2015	0,034	0,852	0,214	1,099
2016	0,025	0,787	0,236	1,047

2017	0,033	0,764	0,352	1,149
2018	0,015	1,242	0,388	1,644



Рис. 4.1 Графік зміни концентрацій NO₃ за період 2004-2018 роки (I квартал).

Розрахунки ризиків виникнення нітратного забруднення наведені (див. табл.4.4-4.5).

Таблиця 4.4 Показник ризику виникнення нітратного забруднення
(для р. Ягорлик – Артирівка)

Роки	Показник ризику			
	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал
2004	0,093	0,000	0,000	0,000
2005	0,093	0,000	0,000	0,000
2006	0,032	0,000	0,000	0,000
2007	0,032	0,000	0,000	0,000
2008	0,064	0,002	0,000	0,000
2009	0,000	0,000	0,000	0,000

2010	0,014	0,000	0,000	0,000
2011	0,311	0,023	0,000	0,000
2012	0,241	0,030	0,000	0,000
2013	0,045	0,031	0,000	0,000
2014	0,069	0,037	0,000	0,000
2016	0,053	0,020	0,000	0,000
2017	0,065	0,103	0,000	0,000
2018	0,072	0,000	0,000	0,000

Таблиця 4.5 Показник ризику виникнення нітратного забруднення
(для р. Ягорлик – Артирівка)

Роки	Показник ризику			
	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал
2004	0,540	0,000	0,211	0,011
2005	0,145	0,000	0,127	0,028
2006	0,289	0,000	0,309	0,000
2007	0,289	0,000	0,151	0,000
2008	0,072	0,002	0,410	0,000
2009	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,160	0,000	0,140	0,132
2011	0,734	0,026	0,963	0,000
2012	1,866	0,034	0,084	0,000
2013	0,341	0,035	0,391	0,000
2014	0,078	0,042	0,000	0,000
2016	0,060	0,023	0,403	0,000
2017	0,074	0,116	0,070	0,174
2018	0,135	0,000	0,463	0,000

Як видно з цих таблиць найбільші значення ризику отриманні для першого кварталу. А також бачимо, що ризик дотримання зон чутливих до нітратного забруднення збільшуються при ГДК рибогосподарського використання.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ЇХНІХ ВПЛИВІВ НА СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ЯГОРЛИК

Водні ресурси України формуються за рахунок припливу транзитних річкових вод, місцевого стоку, підземних вод. Головними джерелами задоволення потреб населення та економіки у прісній воді є річки, які задовольняються використанням води з поверхневих джерел (24%), підземних водоносних горизонтів (5%), морів (1%) і за рахунок вод, які залучені в оборотні та повторно послідовні системи (69%) [63].

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 [4]. 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 [4].

Оскільки річка Ягорлик є транзитною річкою (проходить через територію України та Молдови), відноситься до лівобережних приток Дністра у його нижній течії, то визначення основних антропогенних навантажень та їх вплив на екологічний стан річки і можливість одержання доброго екологічного статусу є дуже важливим для складання програми моніторингу.

5.1 Критерії оцінки основних антропогенних навантажень за рахунок гідроморфологічних змін

Для кожного чинника гідроморфологічних змін встановлюються критерії за трьома категоріями ризику за наявними даними та з врахуванням експертної думки (табл.5.1). Критерієм оцінки ризиків недосягнення екологічних цілей для МПВ (масив поверхневих вод) за гідроморфологічними показниками є наявність/відсутність гідроморфологічних змін. Для визначення цього критерію використовують три категорії:

- «без ризику»;
- «можливо під ризиком»;
- «під ризиком».

Якщо розглянути річку Ягорлик в цілому, то наявність трьох водосховищ та 3447 ставків, вказує на можливість існування ризику недосягнення екологічних цілей через порушення неперервності потоку (існування дамб) та зміни гідрологічного режиму (регулювання стоку водосховищами). Проте, при розгляді досить малої за розмірами верхньої частини водозбору річки у створі р.Ягорлик –с.Артирівка, можна зазначити, що суттєвих гідроморфологічних змін тут не відбулося, отже об'єкт відноситься до першої категорії «без ризику».

Таблиця 5.1 Критерії гідроморфологічних змін [64]

Гідроморфологічні зміни	Чинник
I. Порушення неперервності потоку води та середовищ	1. Поперечні штучні споруди в руслі річки, порушення безперервності потоку води та руху наносів і міграції риби, інших гідробіонтів
II. Зміни гідрологічного режиму	2. Забір води
	3. Регулювання стоку (водосховища, ставки)

	4. Коливання рівнів води нижче поперечних штучних споруд у руслі
III. Морфологічні зміни	5. Порушення природних морфологічних характеристик річок

5.2 Критерії оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ за рахунок скидів забруднених вод

На початковому етапі запропоновано 4 (чотири) різні проміжні показники/індикатори для аналізу антропогенних навантажень Ці показники відповідають основним джерелам забруднення масиву поверхневих вод:

- два показники/індикатори антропогенних навантажень від впливу джерел скидів стічних вод агломерацій (міст, селищ, сіл), включаючи джерела скидів промислових стічних вод;
- два показники/індикатори антропогенних навантажень від впливу дифузних джерел забруднення (сільськогосподарське виробництво: тваринництво та рослинництво).

5.2.1. Показники основних антропогенних навантажень для оцінки забруднення з точкових джерел

Точкові джерела забруднення мають певні координати розташування у просторі. Ними можуть бути місця скидів комунально-побутових та промислових вод. Показник антропогенного навантаження внаслідок скиду стічних вод з комунальної мережі розраховується за формулою:

$$P_{\text{св}} = EН / Q_{\text{min}} \quad (5.1)$$

де: $P_{\text{св}}$ - показник надходження стічних вод у МПВ від точкових джерел;

Q_{min} - мінімальний річний стік води МПВ ($\text{м}^3 / \text{с}$)

$EН$ - сумарний (безрозмірний) еквівалент антропогенного навантаження

- органічні речовини (біологічне або хімічне споживання кисню);

- поживні речовини (нітроген загальний або фосфор загальний);
- кількість жителів.

Ризик установлюється за таблицею 5.2

Таблиця 5.2 Критерії ризику для точкових джерел забруднення [64]

Категорії	Назва категорії	Критерії
1	«без ризику»	$P_{\text{св}} < 1.0$
2	«можливо під ризиком»	$1.0 < P_{\text{св}} < 1.5$
3	«під ризиком»	$P_{\text{св}} > 1.5$

Мінімальний річний стік приймався рівним $0,26 \text{ м}^3/\text{с}$ для створу р.Ягорлик – с. Артирівка. Середня кількість жителів з 2003 по 2018 роки становить 259. Сумарний еквівалент навантаження (ЕН) - є безрозмірним показником, який розраховується на підставі кількості жителів, під'єднаних до каналізаційної мережі. Сумарний еквівалент навантаження дорівнює 0,259. У такому випадку $P_{\text{св}}$ дорівнює 0,99, звідки витікає, що водозбір «можливо під ризиком». Промислових користувачів немає.

5.2.2 Показники основних антропогенних навантажень для дифузних джерел забруднення (сільське господарство - рослинництво та тваринництво)

Дифузні джерела забруднення є розподіленими за площею водозбору. Дифузними джерелами забруднення можуть бути поверхневі води, які під час паводків та водопіль змиваються з сільськогосподарських земель. Показник рослинництва описує ймовірність дифузного забруднення, включаючи забруднюючі речовини сільськогосподарського походження, такі як поживні (біогенні) речовини, пестициди та інші засоби захисту рослин.

Показник розраховується за формулою:

$$I_{\text{сг}} = S_{\text{сг}} / S_{\text{мпв}}, \quad (5.3)$$

де $I_{\text{сг}}$ - частка сільськогосподарських угідь у данному МПВ;

$S_{\text{мпв}}$ - площа водозбору МПВ, км²;

$S_{\text{сг}}$ – площа, яка використовується для ведення сільського господарства на водозборі відповідного МПВ.

За показником установлюються критерії ризику (табл.5.3).

Таблиця 5.3 - Критерії оцінки ризику для дифузного забруднення (рослинництво)

Категорії	Назва категорії	Критерії
1	«без ризику»	$I_{\text{сг}} < 0,1$
2	«можливо під ризиком»	$0,1 < I_{\text{сг}} < 0,3$
3	«під ризиком»	$I_{\text{сг}} > 0,3$

Частка сільськогосподарських угідь на водозборі р.Ягорлик – с. Артирівка дорівнює 85%, а площа водозбору становить 79 км², таким чином $S_{\text{сг}}$ приймається як 63,8 км², а показник рослинництва $I_{\text{сг}}$ дорівнює 0,80, що відповідає категорії 3 «під ризиком», оскільки $I_{\text{сг}} > 0,3$.

Показник тваринництва описує ймовірність дифузного забруднення від тваринницької галузі. Він розраховується для аналізу антропогенного навантаження за формулою:

$$I_{\text{тв}} = U_{\text{е}} / S_{\text{мпв}} \quad (5.4)$$

де: $I_{\text{тв}}$ - показник чисельності поголів'я / га або км² ;

$U_{\text{п}}$ – узагальнена одиниця, що відображає поголів'я;

$S_{\text{МПВ}}$ - водозбірна площа МПВ, га або км² .

Критерії ризику наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Критерії оцінки ризику для дифузного забруднення (тваринництво)

Категорії	Назва категорії	Критерії
1	«без ризику»	$0 > I_{\text{ТВ}} < 0,3$
2	«можливо під ризиком»	$0,3 > I_{\text{ТВ}} < 1.0$
3	«під ризиком»	$I_{\text{ТВ}} > 1.0$

Чисельність поголів'я за даними на 2009 рік по Одеській області становила 187,8 тис.голів [65]. Площа Одеської області займає 33,3 тис.км². Показник чисельності поголів'я $I_{\text{ТВ}}$ дорівнює 5,63, таким чином, досліджувана територія знаходиться «під ризиком».

5.2.3 Критерії оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан МПВ за хімічними та фізико-хімічними показниками (даними моніторингу)

Для установлення ризику недосягнення екологічних цілей при моніторингу стану МПВ [31] пропонуються такі граничні значення хімічних та фізико-хімічних показників для всіх трьох типів МПВ категорії річки (табл.5.5). Перевищення граничних значень показників ставить МПВ під ризик недосягнення екологічних цілей (для розчиненого кисню – навпаки: зниження його вмісту у воді).

Таблиця 5.5 - Критерії ризику недосягнення екологічних цілей для хімічних та фізико-хімічних показників (* - 10% процентіль, ** - 90% процентіль, *** - середнє річне значення)

Річки	Оксиген* (% насичення)	БСК ₅	NH ₄ **	NH ₄ ***	PO ₄ ***	pH
Малі	75	5	0.4	0,15	0.2	6.5-8.5
Середні	70	6	0.6	0,20	0.3	
Великі	60	7	0.8	0,30	0.4	

Процентіль є характеристикою, протилежною забезпеченості випадкової величини. Отже, процентіль характеризує ймовірність неперевищення заданого значення випадкової величини. Процентілі визначалися за допомогою кривих забезпеченостей указаних в таблиці 5.5 гідрохімічних характеристик. За результатами статистичної обробки гідрохімічних даних (2003-2018рр.) було встановлено, що ризик недосягнення екологічних цілей для МПВ р.Ягорлик – с.Артирівка (категорія малих річок) може виникнути через недостатність насичення киснем, високий вміст амонію та фосфатів (табл.5.6).

Таблиця 5.6 – Оцінка ризику недосягнення екологічних цілей для хімічних та фізико-хімічних показників у створі р.Ягорлик – с. Артирівка (* - 10% процентіль, ** - 90% процентіль, *** - середнє значення)

Вид показника	Оксиген* (% насичення)	БСК ₅	NH ₄ **	NH ₄ ***	PO ₄ ***	pH
Критичні значення	75	5	0,40	0,15	0,20	6.5-8.5

Фактичні значення	30	3,3	0,46	0,14	0,56	7,7
Висновок	є ризик	без ризику	є ризик	без ризику	є ризик	без ризику

За результатами розрахунків екологічних ризиків можна зробити висновок, що масив поверхневих вод, точка моніторингу якого розташована в с. Артирівка знаходиться у зоні “допустимого” та “прийнятного” ризику із незначною чутливістю до нітратного забруднення. Однак, при використанні рекомендацій про впровадження постанов Водної Рамкової Директиви в Україні вимоги до можливого вмісту кисню, нітратів та фосфатів у воді стають більш високими і саме через ці гідрохімічні показники для даного МПВ можлива ситуація недосягнення екологічних цілей.

За кривими забезпеченостей концентрацій гідрохімічних речовин виділені зони досягнення та недосягнення екологічних цілей (рис. 5.1-5.3).

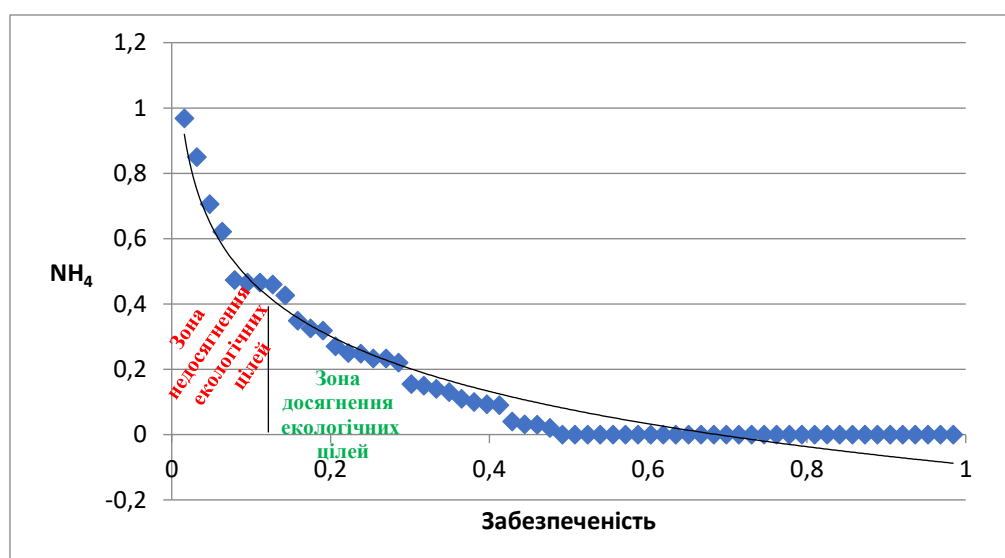


Рис. 5.1 – Емпірична крива розподілу забезпеченості гідрохімічного показника NH_4 та виділені зони досягнення або недосягнення екологічних цілей

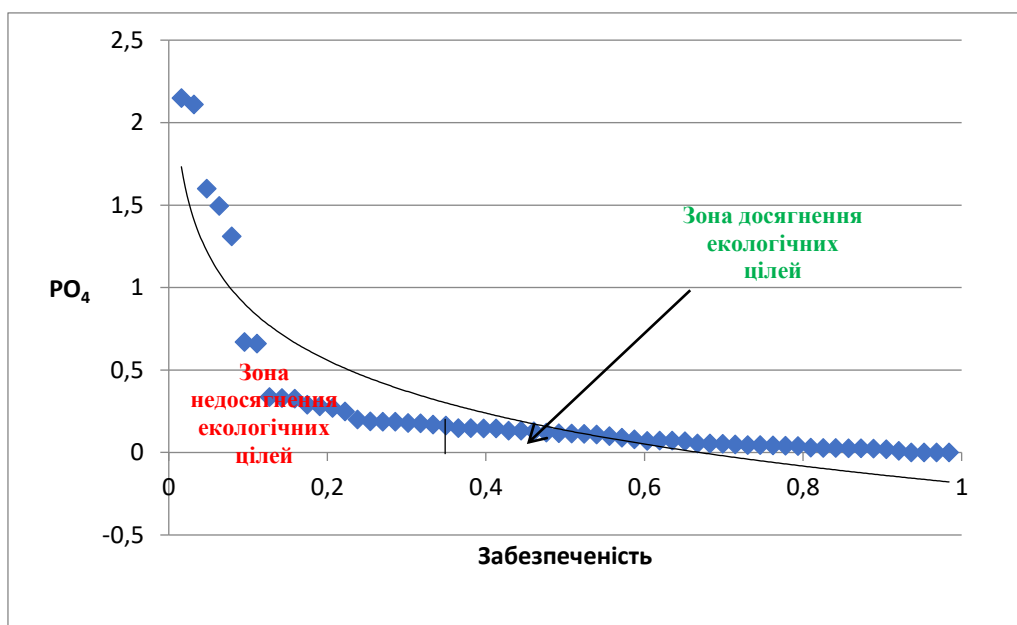


Рис. 5.2 – Емпірична крива розподілу забезпеченостей показника PO_4 та виділені зони досягнення або недосягнення екологічних цілей

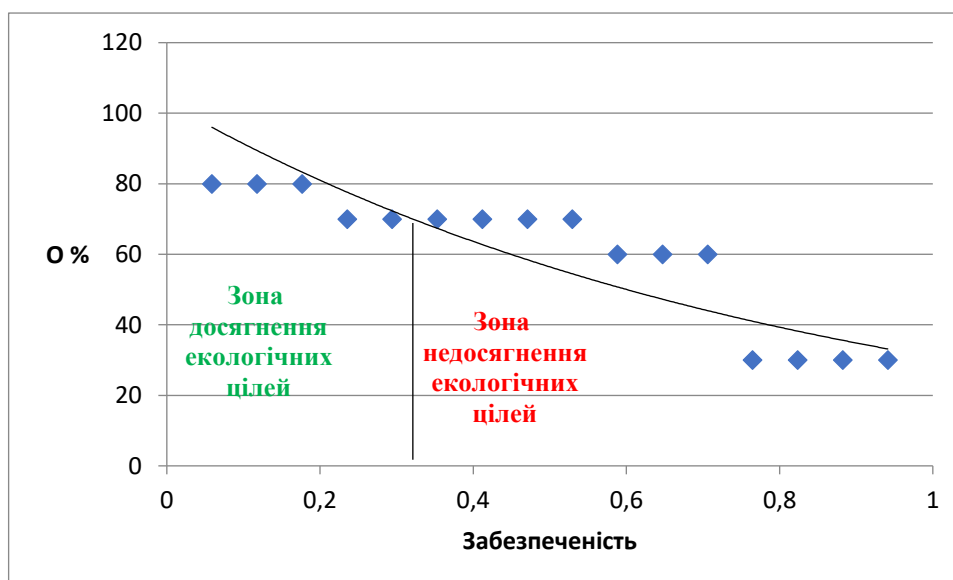


Рис. 5.3 – Емпірична крива розподілу забезпеченостей показника $O\%$ та виділені зони екологічних цілей

ВИСНОВКИ

Робота присвячена дослідженню екологічних ризиків недосягнення екологічних цілей (доброго екологічного статусу поверхневих вод), яке виконано на базі сучасних методів та методик таких як оцінка екологічної обстановки, оцінка чутливості до забруднення сполуками азоту, оцінка рівня забруднення та екологічного стану за показником БСК₅, оцінювання ймовірності ризикових подій, побудова шкали якісного і кількісного показників ризику, оцінка антропогенного навантаження та його наслідків.

1. У роботі розглянутий створ р.Дністер – Біляївка, де відбувається забір води для питного водопостачання та створ р. Ягорлик - с. Артирівка (лівої притоки Нижнього Дністра), який можна розглядати як окремий масив поверхневих вод (МПВ).

2.Розрахунки виконані на базі даних ДАВР про хімічний склад води у створі р. Дністер - Біляївка за період 2008-2018 рр. та даних з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР за 1967-2018 роки. Дані гідрохімічних спостережень в українському створі Ягорлик – с. Артирівка за 14 років (2004-2018рр.) та дані у створі про стік у створі р.Ягорлик – с. Дойбани, 1949-2015 рр., республіка Молдова.

3. Оцінка екологічної обстановки за перевищенням ГДК питного водопостачання показала, що у створі Дністер-м.Біляївка (1967-2018рр., 2004-2018рр.) та у створі р.Ягорлик – с.Артирівка вона класифікується як «напружена». Перевищення ГДК питного водопостачання не встановлено у 10-ти кратному розмірі для розглянутих створів не встановлено. Висока ймовірність перевищення ГДК у створі Дністер-с.Біляївка виявлена по вмісту хлору, а у створі р.Ягорлик – с. Дойбани – по вмісту магнію.

4. Оцінки рівня забруднення, виконані за БСК₅, показали, що у створі р.Дністер-с.Біляївка за ступенем забруднення легкокорозинними органічними

речовинами води «чисті» та «помірно забруднені», що відповідає екологічному стану «зворотні зміни» та «порогові». Це свідчить про можливість досягнення доброго екологічного стану у майбутньому. У створі р.Ягорлик-с.Артирівка води переважно «помірно забруднені», а екологічний стан – «пороговий». Слід зазначити, що оцінка якості води за показником БСК₅ відображає лише вплив легкокорозинних органічних речовин.

5. За методикою, розробленою в інституті проблем ринку та екологічних досліджень було виконано оцінку екологічного ризику з використанням ймовірнісних характеристик його появи. До кількісних оцінок ризикових подій залучено відношення між концентрацією речовини та її ГДК: $C/ГДК$ або $C/C_{ГДК}$. За цими відношеннями з урахуванням їх емпіричної частоти їх появи розрахований показник ризику R . Для переходу від кількісної оцінки ризику до якісної використовується семантична класифікація, тобто узгоджуються клас якості (чисті, помірно забруднені та інше), відповідний кількісний показник якості(у даному випадку ІЗВ) та показник ризику R . На основі побудованих регресійних рівнянь встановлено тісний зв'язок між ІЗВ та R , що зробило можливим поєднати кількісні значення R із класифікацією по якості вод. Результатом дослідження є побудовані криві забезпеченостей значення R із виділенням зон ризику.

6. За критерієм чутливості $k_n = NH_4^+ + NO_2^- + NO_3^-$ до нітратного забруднення сполуками азоту річки Ягорлик вище створу Артирівка встановлено, що в окремі роки спостерігалось перевищення порогового значення 11,3 мгN/дм³. Виявлено, що перевищення порогу спостерігалось у перший квартал, коли формуються відлиги і весняне водопілля та відбувається змив нітритних сполук з поверхні водозбору. Ймовірність перевищення ГДК нітрогенами не перевищує 0,21%. Отже, можна зробити висновок, що загрози нітратного забруднення на цій річці практично немає.

У створах р. Дністер – Біляївка за даними ДАВР про хімічний склад води та за даними з лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Одеського ОВР

перевищення ГДК питного користування та рибогосподарського ГДК згідно нітратної директиви - не спостерігалось. А отже, нітратного забруднення на цій річці немає

7. Згідно із положеннями Водної рамкової директиви установлений ризик недосягнення екологічних цілей через значне антропогенне навантаження у створі р.Ягорлик – с.Артирівка. Ця ділянка річки може розглядатися як масив водного тіла (МПВ). За методикою визначення основних антропогенних навантажень, прийняту 18 травня 2018р. Державним Водним Агенством України встановлено, що за гідроморфологічним показником «ризик не має», за показником точкового скиду забруднених вод водозбір знаходиться «можливо під ризиком», за показниками дифузного забруднення від рослинництва та тваринництва водозбір знаходиться «під ризиком», за хімічними та фізико-хімічними показниками є «ризик недосягнення екологічних цілей» через недостатнє насичення води киснем та забруднення вод амонієм і фосфатами.

8. Проведені дослідження показали, що якість води у Нижньому Дністрі та на його лівій притоці Ягорлик відповідає категоріям помірно забруднених вод, екологічна обстановка є «напруженою», екологічний стан здебільшого «пороговий». Отримані результати свідчать про необхідність додаткового підвищення якості роботи очисних споруд.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Зубкова Е., Шленк Д. Современное состояние качества воды в реке Днестр // Интегрированное управление природными ресурсами трансграничного бассейна Днестра. Chisinau.Eco-TIRAS. – 2004.- С.128-131.

2. Романчук М.Є., Ткач К.С., Поліщук А.А. Оцінка якості води р. Дністер – водозабір за гідрохімічними показниками на протязі 1998-2012рр. та особливості змін біогенних речовин за характерні по водності роки // Вісник Одеського державного екологічного університету. № 19, 2015. – с. 1-6.

3. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://ecolog-ua.com/news/nova-polityka-v-upravlinni-vodnymy-resursamy-shcho-zavazhayevodniy-galuzi-ukrayiny-dosyagnuty>

4. Хільчевський В.К. Основи гідрохімії / В.К. Хільчевський, В.І. Осадчий, С.М. Курило // підручник – К.: Ніка-Центр, 2012. – 312 с.

5. Директива 200/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 200 р. (Водна рамкова директива ЄС).

6. Оцінка ризиків для здоров'я людини та навколишнього середовища від джерел забруднення ґрунту та вод [Звіт – 1, Інвентризація, оцінка та зменшення впливу антропогенних джерел забруднення в Нижньодунайському регіоні України, Румунії, Республіці Молдови, 2007-2013” (MIS ETC CODE 995)]. під ред. Буркинського Б.В., Рубеля О.Є. – НАН України, ін-т пробл. та екон-екол. Дослідж. – Одеса, 2016 – 84с.

7. Стан і якість природного середовища прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я: монографія за ред. Т.А. Сафранова, А.В. Чугай. – Харків: ФОП Панов А.М., 2017. – 298с.

8. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Підручник-К.: Ніка-Центр, 2001. – 264 с.

9. Музалевский А. А., Карлин Л. Н. Экологические риски: теория и практика. – СПб.: РГГМУ, ВВМ, 2011. – 448 с.

10. Методичні рекомендації щодо визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод / Вихрист С., Мудра К., Осійський Е., та ін. Держводагенство 2018. 21 с.

11. Електронний ресурс. Режим доступу: Open Acces Environment <http://openenvironment.org.ua/water/#>

12. Зубкова Е.И., Багрин Н.И., Билецки Л.Н., Тромбицкий И.Д.Ю Зубкова Н.Н., Тихоненкова Л.А. Оценка воздействия энергетики на водне экосистемы бассейна реки Днестр // Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы. Материалы международной конференции 2017; Тирасполь, 26-27 октября 2017 года/ Есо-Tiras,2017(Типogr. “Elan hjligrf”). –с. 134-138.

13. Річки і водойми України. Стан і використання / Віктор Іванович Вишневський . – Київ : Віпол, 2000 . – 376 с.

14. Губанов В.В., Степанок Н.А. Влияние экологических попусков из Днестровского водохранилища 2010-2017 годов на обводнение дельты Днестра // Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы. Материалы международной конференции 2017; Тирасполь, 26-27 октября 2017 года/ Есо-Tiras,2017(Типogr. “Elan hjligrf”). –с. 81-84.

15. Белов В.В., Гриб О.М., Килимник О.М. Сучасний гідроекологічний стан гирлово-плавневої системи річки Дністер та перспективи його поліп-шення // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2010. – Т. 18. – С. 180-186.

16. Швебс Г.И. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник / Г.И. Швебс, М.І. Ігошин. – Одеса: Астропринт, 2003. – 390 с.

17. Звіт про науково-дослідну роботу Оцінка водообміну в системі русло-заплава-лиман для розробки рекомендацій щодо заходів екологічного оздоровлення гирлової ділянки річки Дністер за рахунок згінно-нагінних явищ та біомеліоративних функцій плавнів. Одеса. – 2011. -203с.

18. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
19. Hydropower impact on river ecosystem functioning : Proceedings of the International Conference, Tiraspol, Moldova, October 8-9, 2019 / ed. members: Ilya Trombitsky [et al.] ; sci. com.: Elena Zubcov [et al.]. – Tiraspol : Eco-Tiras, 2019 (Тіпогр. «Print-Caro»). – 392 p.
20. Русев И.Т. Сохранение современных и восстановление нарушенных экосистем Нижнего Днестра как мера адаптации к климатическим изменениям //Трансграничное сотрудничество в адаптации бассейна Днестра к изменению климата. –Кишинев:Есо-TIRAS/ - 2011. -С.127-154.
21. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України. Довідковий Посібник. – Київ,Ніка-Центр. -2001р. – 388 с.
22. Ковальчук І.П., Курганевич Л.П. Гідроекологічний моніторинг: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2010. – 315 с
23. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник. – К., 2001. – 392 с.
24. Русев І.Т. Дельта Дністра. Історія природокористування, екологічні основи моніторингу, охорони і менеджменту водно-болотних угідь. – Одеса: Астропринт, 2003. – 768 с
25. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребінь. – К.: Ніка-Центр, 2010. - 316 с.
- 26.Хільчевський В.К., Гончар О.М., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л., Сташук В.А., Чунарьов О.В. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України. – Київ. Ніка-Центр, 2013. – 256 с.
27. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография / Н.С. Лобода. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
28. Електронний ресурс. Режим доступу:

<https://dniester-commission.com/novosti/start-pilotnogo-proekta-po-vosstanovleniyu-reki-yagorlyk-v-odesskoj-oblasti/>

29. Дьяченко Т.М., Мантурова О.В. Водорості та вищі водні рослини р. Ягорлик (басейн р. Дністер) // Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів: Збірник матеріалів VIII з'їзду гідроекологічного товариства України.- Київ, 2019.-С.35-37.

30. Коротун І.М. Природні умови та ресурси України: Навч. посібник / І.М. Коротун, Л.К. Коротун, С.І.Коротун. – Рівне: 2000. – 192 с

31. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України. Довідковий Посібник. – Київ, Ніка-Центр. -2001р. – 388 с.

32. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях) / Е.Д. Гопченко, Н.С. Лобода. – К.: КНТ, 2005. – 188 с.

33. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребінь. – К.: Ніка-Центр, 2010. - 316 с.

34. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография / Н.С. Лобода. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.

35. Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилігульського лиману: Колективна монографія / Під ред. Ю.С. Тучковенко, Н.С. Лободи. – Одеса: ТЕС, 2014. – 276 с.

36 Кулачок К.В., маг. гр. МЕГ-19 (науковий керівник: Лобода. Н.С., д-р геогр. наук, проф.) ОЦІНКА РИЗИКІВ НЕДОСЯГНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЦІЛЕЙ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ЯГОРЛИК (ЗА ПРОГРАМОЮ СЕКТОРАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ЄС В СЕКТОРІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ) // Збірник тез за матеріалами студентської наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету (25-29 травня 2020 р.). Одеса, 2020. С. 99-100.

37. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України. Підручник.- К.: ВПК “Київський університет”, 2019.- 343с.

38. Кулачок К.В., Лобода Н.С. Якісне і кількісне оцінювання екологічних ризиків загального та нітратного забруднення річки Ягорлик (с.Артирівка) // Матеріали міжнародної наукової конференції молодих вчених. Регіональні проблеми охорони довкілля. – Одеса: ОДЕКУ, 2020. –С.85-87.

39. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. — 6-е изд. стер. — М.: Высш. шк., 1999.— 576 с.

40. ДСТУ 4808:2007. «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги до якості води і правила вибору

41. Електронний ресурс. Режим доступу:

http://eprints.library.odeku.edu.ua/5928/1/Kulathcok_Yakicn_i_kilk_B_2019.pdf Кулачок, К. В.(2019) *Якісне і кількісне оцінювання екологічних ризиків у нижній течії Дністра (сmt. Біляївка).thesis*, ОДЕКУ

42. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии: учебник для студентов высших учебных заведений. Киев: Генеза, 2004. 664 с

43. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов. Монография. Москва: ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. 162 с.

44. Крылов А.В. Введение в мир гидроэкологии. Електронний ресурс: URL: https://bio.1sept.ru/view_article.php?ID=200002905 (дата звернення: 23.03.2020).

45. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: Навчальний посібник. – Одеса: 2011 – 168 с.

46. Лобода Н.С., Отченаш Н.Д. Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище: навчальний посібник. Х.: ФОП Панов А.М., 2017. 200с.

47. Cardona O.D. The need for rethinking the concept of vulnerability and risk from a holistic perspective / O.D Cardona – London: Earthscan, 2004.-234 p.

48. Державні санітарні норми та правила. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДсанПіН 2.2.4-171-10. К., 2010. 36 с.

49. Джерела централізованого водопостачання. «Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання»: ДСТУ 4808:2007. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 36 с

50. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://ecolog-ua.com/news/nova-polityka-v-upravlinni-vodnymy-resursamy-shcho-zavazhaye-vodniy-galuzi-ukrayiny-dosyagnuty>.

51. Електронний ресурс. Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/find/a?text=директива+91%2F676%2FЄС>

52. Осадча Н.М «Основні заходи управління якістю води у межах річкового водозбору» // VII Всеукраїнська наукова конференція «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології, присвячена 100-річчю від дня заснування Національної академії наук України (13-14 листопада 2018р., м. Київ). ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ. – К.: Ніка-Центр, 2018.-С.16.

53. Електронний ресурс. Режим доступу:

https://issuu.com/ecoact/docs/policy-paper-ukrainian_007

54. Електронний ресурс. Режим доступу

http://apena.com.ua/images/documents/156/NVZ_delineation.pdf

55. Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я. «Цветение» воды и эвтрофирование. К.:Наукова думка, 1978, 232с

56 Vollenweider, R.A., 1968. *Scientific Fundamentals of Lake and Stream Eutrophication, With Particular Reference to Phosphorus and Nitrogen as Eutrophication Factors*. (Technical Report DAS/DSI/68.27). OECD, Paris, France.; Hecky, R.E., Kilham, P., 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: a review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnology and Oceanography* 33, 796–822.

57 Howarth, R.W., 1988. Nutrient limitation of net primary production in marine ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19, 898–910

58 Smith, V.H., 1998. Cultural eutrophication of inland, estuarine, and coastal waters. In: Pace, M.L, Groman, P.M. (Eds.), *Successes, Limitations and Frontiers in*

Ecosystem Science. Springer, New York, pp. 7–49. 53 Phosphorus: a rate limiting nutrient in surface waters. *Poultry Sci.* 78: 674–682.

59 HUTCHINSON , G. E. 1957. A treatise on limnology. Geography, physics and chemistry. V. 1. Wiley. CORRELL , D. L. 1999.

60 Phosphorus: a rate limiting nutrient in surface waters. *Poultry Sci.* 78: 674–682.

61. И.С. Коплан-Дикс, Г.В. Назаров, В.К. Кузнецов. Роль минеральных удобрений в эвтрофировании вод суши. Ленинград: Наука. 1985, W.K. Dodds. Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnol. Oceanogr.*, 51(1, part 2), 2006, 671–680

62. Osadchy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Ju. Processes Determining Surface Water Chemistry, Springer, 2016.-240 p.

63. И.С. Коплан-Дикс, Г.В. Назаров, В.К. Кузнецов. Роль минеральных удобрений в эвтрофировании вод суши. Ленинград: Наука. 1985, W.K. Dodds. Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnol. Oceanogr.*, 51(1, part 2), 2006, 671–680

64. Визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод URL:

https://euwipluseast.eu/images/2019/04/16/9_Human_Pressures_and_impact.pdf

65. Одеський регіон: передумови формування, структура та територіальна організація господарства. Під редакцією О.Г. Топчиєва. Одеса, Астропринт, 2012. – 332.