

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: Дослідження якості води малих річок межиріччя Дунай-Дністер

Виконав магістр 2-го року навчання
групи МЗГ-21
спеціальності 103 «Науки про Землю»
освітньо-професійної програми
«Гідрологія і комплексне використання
водних ресурсів»
Кущенко Дмитро Павлович

Керівник канд. геогр. наук, доцент
Кічук Наталія Сергіївна

Консультант _____

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Вольвач Оксана Василівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут
 Кафедра Гідрології суші
 Рівень вищої освіти магістр
 Спеціальність 103 Науки про Землю
 (шифр і назва)
 Освітня програма Гідрологія і комплексне використання водних ресурсів
 (назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувач кафедри гідрології суші
 д-р геогр. наук, доц. Овчарук В.А.
 “ 10 ” жовтня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

студенту Куценку Дмитру Павловичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження якості води малих річок межиріччя Дунай-Дністер

керівник роботи канд геогр. наук, доцент Кічук Наталія Сергіївна

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

затверджені наказом ОДЕКУ від “ 30 ” вересня 2022 року № 166 «С»

2. Строк подання студентом роботи 14.11.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Матеріали спостережень за хімічним складом води у пунктах моніторингу лабораторії Причорноморського центру моніторингу вод та ґрунтів відокремленого підрозділу БУВР річок Причорномор'я та нижнього Дунаю за період 2013-2021 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити 1. Коротка фізико-географічна характеристика району дослідження. 2. Описання мережі гідрохімічного моніторингу 3. Гідрохімічний режим басейну річок. 4. Основні методи оцінки якості поверхневих вод. 5. Аналіз результатів досліджень якості води за різними методиками. 6. Порівняння оцінки якості води за різними методиками та за потребами різних споживачів. 6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).

Карто – схеми: фізико - географічного положення, розташування пунктів моніторингу, ґрунтово-рослинний покрив. Графіки: динаміка хімічного складу води в різних пунктах за досліджуваний період, зміни показників ІЗВ та ІЗВ модифікованого, КЗ за досліджуваний період.

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота студента гр. МЗГ-21 Куценка Д.П. на тему «Дослідження якості води малих річок межиріччя Дунай-Дністер».

Актуальність теми. Особливістю досліджуваної території є те, що забезпечення водних ресурсів на ній відбувається лише завдяки малим, степовим річкам дуже маловодним, які з огляду на посушливий клімат можуть пересихати. Ці річки є дуже цінними як в екологічному відношенні так і для використання для потреб різних споживачів. Вони вимагають бережливого відношення, постійного моніторингу їх стану з метою визначення основних джерел, які на нього впливають, щоб попередити їх забруднення, виснаження і, нарешті, продовжити їх існування.

У зв'язку з цим актуальним буде ретельний аналіз гідрологічного і гідрохімічного режимів цих річок з метою надання рекомендацій, спрямованих на підтримку оптимальних умов їх функціонування.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження гідрохімічних характеристик та оцінка якості води досліджуваних річок із використанням сучасних розрахункових методик.

Задачі досліджень включають проведення оцінки якості води за гідрохімічними показниками в досліджуваних об'єктах за даними спостережень за хімічним складом води, а також виявлення багаторічної тенденції змін якості води в окремих створах і в цілому на досліджуваній території.

Об'єкт і предмет дослідження. умови формування гідрохімічного режиму на малих річках межиріччя Дунай-Дністер. Предмет дослідження - Оцінка якості води на досліджуваних водних об'єктах.

Методи дослідження. При оцінці якості вод було застосовано метод оцінки якості води за коефіцієнтом забрудненості (КЗ) та метод оцінки якості води за індексом забруднення води (ІЗВ) модифікованим.

Результати, їх новизна, полягають у проведенні порівняльної характеристики оцінки якості води за різними методиками для обґрунтування системи заходів щодо збереження і охорони водних ресурсів даних водних об'єктів.

Теоретичне та практичне значення. Проведені дослідження дозволять у подальшому спрогнозувати зміни у гідрохімічному режимі досліджуваних річок для обґрунтування заходів з їх використання та збереження.

Структура і обсяг роботи:

кількість сторінок – 87; кількість рисунків – 24;

кількість таблиць – 25; кількість літературних джерел – 24.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ, ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ.

SUMMARY

Master's thesis of a student of the group MZH-21 Kushchenko D.P. on the topic "Research of the water quality of small rivers of the Danube-Dniester interfluvium".

Actuality of the theme. The peculiarity of the studied territory is that water resources are provided on it only due to small steppe rivers with very little water, which, because of the arid climate, can dry up. These rivers are very valuable both from an ecological point of view and for use for the needs of various consumers. They require careful treatment, constant monitoring of their condition in order to identify the main sources that affect it, in order to prevent their pollution, depletion and, finally, to prolong their existence.

In this regard, a thorough analysis of the hydrological and hydrochemical regimes of these rivers will be relevant in order to provide recommendations aimed at maintaining optimal conditions for their functioning.

The purpose and objectives of the research. The purpose of the work is to study the hydrochemical characteristics and assess the water quality of the studied rivers using modern calculation methods.

The tasks of the research include the assessment of water quality by hydrochemical indicators in the studied objects based on the observations of the chemical composition of the water, as well as the identification of long-term trends in water quality changes in individual bodies and in the whole studied territory.

Object and subject of research. The conditions of formation of the hydrochemical regime in small rivers of the Danube-Dniester interfluvium. The subject of the study is the assessment of water quality at the investigated water bodies.

Research methods. When assessing water quality, the method of assessing water quality based on the pollution coefficient (PC) and the method of assessing water quality based on the modified water pollution index (WPI) were used.

The results, their novelty consist in conducting a comparative characterization of water quality assessment using various methods to substantiate the system of measures for the preservation and protection of water resources of these water bodies.

Theoretical and practical significance. The conducted research will allow further forecasting of changes in the hydrochemical regime of the studied rivers to substantiate measures for their use and conservation.

Structure and scope of work:

number of pages – 87; number of drawings – 24;

number of tables – 25; the number of literary sources is 24.

KEY WORDS: WATER QUALITY ASSESSMENT, HYDROCHEMICAL INDICATORS, ANTHROPOGENIC IMPACT.

ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1	Характеристика природних умов території дослідження	9
	1.1 Місце знаходження досліджуваної території, форми рельєфу	9
	1.2 Ґрунти і рослинний покрив	11
	1.3 Кліматичні умови.....	16
	1.4 Гідрологічна та гідрографічна характеристики	16
	1.5 Антропогенний вплив на формування гіdroхімічного режиму	19
2	Описання мережі моніторингу	22
3	Гіdroхімічна характеристика	37
	3.1 Характеристика основних іонів та мінералізації	28
	3.2 Вміст біогенних елементів та органічних речовин	35
	3.3 Вміст у воді важких металів і забруднюючих речовин	42
4	Оцінка стану поверхневих вод досліджуваних річок	45
	4.1 Основні методи оцінки якості поверхневих вод.....	47
	4.2 Оцінка якості води за ІЗВ модифіковане.....	51
	4.3 Оцінка якості води за коефіцієнтом забруднення (КЗ).....	56
	4.4 Порівняння оцінок якості води за різними методиками.....	60
	Висновки	65
	Список використаних джерел.....	68
	Додатки.....	71

ВСТУП

Актуальність теми: Особливістю досліджуваної території є те, що забезпечення водних ресурсів на ній відбувається лише завдяки малим, степовим річкам дуже маловодним, які з огляду на посушливий клімат можуть пересихати.

Ці річки є дуже цінними як в екологічному відношенні так і для використання для потреб різних споживачів. Вони вимагають бережливого відношення, постійного моніторингу їх стану з метою визначення основних джерел, які на нього впливають, щоб попередити їх забруднення, виснаження і, нарешті, продовжити їх існування [1,2].

Особливо важливими стають ці питання в сучасний період, який характеризується негативними явищами, що пов'язані зі зміною клімату, значним антропогенним навантаженням на водозбірну площу річок, неправильним і безвідповідальним використанням їх водних ресурсів [1,2].

Географічне розташування цих річок поставило їх в значну залежність від названих факторів і продовження їх експлуатації та навіть врятування їх залежить від нашого з вами відношення до цих проблем, беззаперечного використання всіх охоронних заходів від забруднення, засмічення і для збереження їх водності, які регламентуються Водним Кодексом України [3].

У зв'язку з цим актуальним буде ретельний аналіз гідрологічного і гідрохімічного режимів цих річок з метою надання рекомендацій, спрямованих на підтримку оптимальних умов їх функціонування та з урахуванням вимог Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЕС [4].

Об'єктом дослідження умови формування гідрохімічного режиму на малих річках межиріччя Дунай-Дністер.

Предмет дослідження – оцінка якісного стану води на досліджуваних водних об'єктах.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження гідрохімічних характеристик та оцінка якості води досліджуваних річок.

Задачі досліджень включають:

- аналіз гідрохімічного режиму досліджуваних об'єктів;
- проведення оцінки якісного та кількісного складу основних іонів, забруднюючих речовин та надання відповідної оцінки;
- виявлення багаторічну тенденцію зміни якості води в усіх пунктах спостереження.

Методи дослідження. При виконанні роботи використовуються метод оцінки якості води за індексом забруднення води (ІЗВ) модифікованим та коефіцієнтом забруднення КЗ.

Вихідні дані. В роботі використано моніторингові матеріали спостережень за хімічним складом води надані лабораторією відокремленого підрозділу БУВР річок Причорномор'я та нижнього Дунаю «Причорноморський центр водних ресурсів та ґрунтів».

Новизна дослідження полягає у виявленні багаторічних закономірностей зміни хімічного складу води та її якості в умовах антропогенного навантаження на досліджуваних водних об'єктах.

Очікувані результати. Проведення порівняльної характеристики оцінки якості води за різними методиками для обґрунтування системи заходів щодо збереження і охорони водних ресурсів даних водних об'єктів.

Практична значимість роботи – визначення основних факторів впливу на формування гідрохімічного режиму досліджуваних річок, зміни їх якісного та кількісного складу, визначення основних забруднюючих речовин з метою оцінки антропогенного впливу. Проведені дослідження дозволять у подальшому спрогнозувати зміни у гідрохімічному режимі досліджуваних річок для обґрунтування заходів з їх використання та збереження.

Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів зацікавлений в даній магістерській роботі і планує використовувати і впровадити у виробничу діяльність свого підприємства (лист на замовлення тематики роботи від ГМЦ ЧАМ (м. Одеса) №9914-2-234а/ 9914-04 від 29.09. 2022 р.).

1 КОРОТКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Географічне положення і рельєф

На території району межиріччя Дунай-Дністер протікає 68 річок (згідно даних Державного водного кадастру) довжиною більше 10 км та велика кількість струмків. Найбільші з них - Когильник та Тилігул. Площа їх басейнів більше 3000 км². Це середні річки. Найбільші малі річки (з площею басейну менше 2000 км²): Сарата, Хаджидер, Алкалія, Барабой, Малий Куяльник, Великий Куяльник, Березань, Каланчак [5-7].

Для дослідження ми обрали такі малі річки, як Хаджидер, Алкалія, Каплань.

Однією з малих річок північно-західного Причорномор'я, вода яких використовується на зрошення значною кількістю фермерських господарств є річка Хаджидер. Починаючи з середини XX століття під впливом широкомасштабних меліорацій, річка зазнала значних змін, а якість води – значно погіршилась [5,7].

Згідно фізико-географічного районування (рис. 1.1) річки Хаджидер, Каплань та Алкалія розташовані в степовій зоні Південномолдовської схилово-височинної області (26) та Задністровсько-Причорноморської низовинної області(36) [8].

Річка Хаджидер (довжина річки - 94 км, площа водозбору 894 км²) – належить до водойм Причорномор'я. Бере початок на південних схилах Подільської височини поблизу Штефан-Воде Молдови. Більша частина річки протікає по Причорноморській низовині, в межах Білгород-Дністровського, Саратського і Татарбунарського районів Одещини. Впадає в озеро-лиман Хаджидер поблизу села Дивізія. Гідрохімічний стан річки досліджувався в двох пунктах – на кордоні з Молдовою (с. Чистоводне) і в пригирловій частині (с. Сергіївка) [6].

Річка Каплань (довжина річки - 42 км, площа водозбору 276 км²) – належить до водойм Причорномор'я. Бере початок в Молдові. Протікає по Причорноморській низовині, в межах Молдови і Білгород-Дністровського, Саратського районів Одещини. Є лівою притокою і впадає в р. Хаджидер поблизу с. Успенівка.

Річка Алкалія (довжина річки - 67 км, площа водозбору 653 км²) – належить до водойм Причорномор'я. Бере початок з ставка в Молдові. Протікає по Причорноморській низовині, в межах Молдови і Білгород-Дністровського, 60 Татарбунарського районів Одещини. Впадає в озеро-лиман Солоне поблизу південно-західної частини села Базарьянка [6].

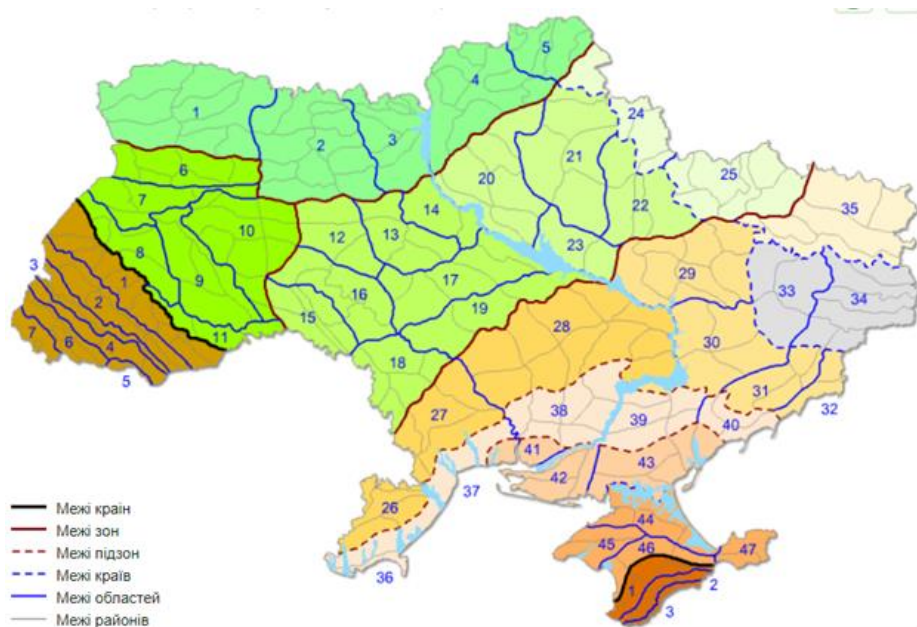


Рисунок 1.1 – Фізико-географічне районування [8]

На території району басейну річок Причорномор'я виділяються два крупних орографічних елемента – Причорноморська низовина і Подільська височина. Більша частина території розташована в межах Причорноморської низовини, яка є типовою рівниною. Максимальні відмітки її поверхні не перевищують 130–150м і приурочені переважно до північної частини. Найбільш низькі ділянки простягаються вздовж морського узбережжя.

Розчленованість незначна і зменшується з заходу на схід і в середньому складає 0,5–0,7 км/км² [6].

Північно-західна частина розміщена на відрогах Подільської височини, що має в межах басейну найбільші абсолютні висоти (до 288 м) з глибоким (до 80–100 м) ерозійним долинно–яружним розчленуванням. На південному заході територія басейну приурочена до південних схилів Центрально-Молдовської височини з абсолютними відмітками поверхні до 100-140 м над рівнем моря. На даній території зустрічаються форми рельєфу різного генезису – акумулятивні, ерозійні, денудаційні, присадкові, штучні. Для північної і північно-східної частини басейну типовими є широкі вододіли (первинно-акумулятивні рівнини). На південному сході – морські верхньопліоценові тераси.

Уздовж морського узбережжя спостерігаються морські акумулятивні форми рельєфу – пляжі, коси, пересипи. Частина морських берегів, лиманів і озер є абразійними, обвальними, а подекуди зсувними. Широко розповсюджені форми ерозійного рельєфу – долини річок і балки. Сукупною дією процесів ерозії і акумуляції були створені крупні річні долини з четвертинними і пліоценовими надзаплавними терасами. Поперечний профіль долин асиметричний. Через особливості тектоніки регіону і диференційованими вертикальними рухами окремих блоків, більш крутими і розчленованими є ліві схили долин. В гирлах балок і ярів часто зустрічаються конуси виносу. В цілому більш рівнинний рельєф території сприяє інтенсивному господарському освоєнню краю [6].

1.2 Ґрунти і рослинний покрив

Ґрунтовий фон у регіоні складають чорноземи звичайні та чорноземи південні, в межах Причорноморської терасової рівнини та на південно-заході вододільної рівнини – виключно міцелярно-карбонатні, рис.1.2. Чорноземи сформулювались в умовах типчаково-ковилової та полинно-типчаково-

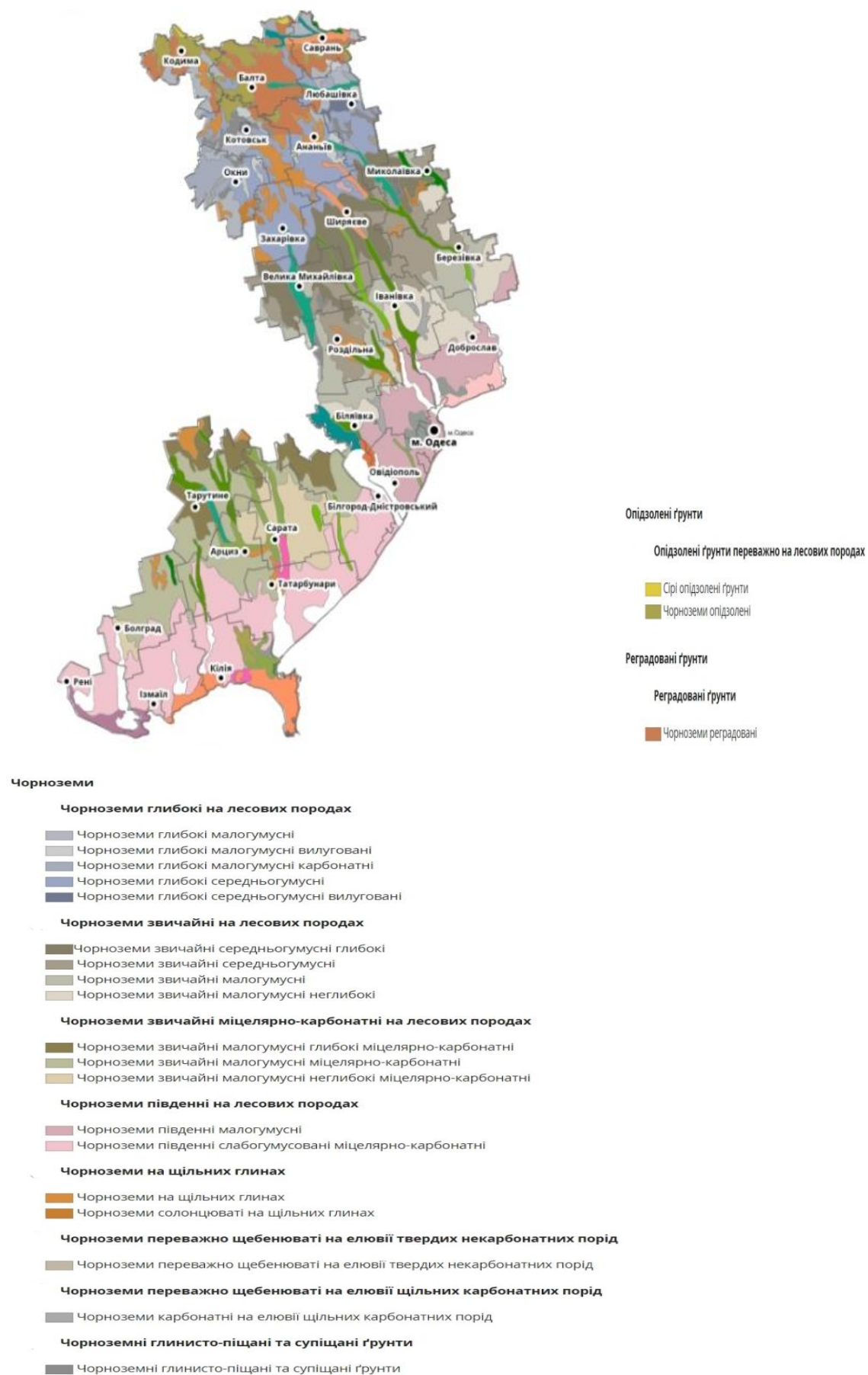


Рисунок 1.2– Карта ґрунтів Одеської області

ковилової рослинності в поєднанні з деякими одно та дворічними травами. Чорноземи регіону відрізняються високою біологічною активністю, що сприяє мінералізації органічних речовин, добре вираженою та міцною «копрогенною» структурою, високою порожністю (до 50-55%) та водопроникністю (коефіцієнт фільтрації 1,5-3,5 мм/хв) [9].

За гранулометричним складом чорноземи звичайні важкосуглинисті, до півдня склад дещо полегшується, і в межах терасової рівнини домінують середньосуглинисті різновиди чорноземів південних. В профілі чорноземів звичайних на глибині 85-120(130) см добре виражений горизонт білоглазки. Вміст карбонатів у цьому горизонті досягає 17-22%. Гіпсовий горизонт у профілі чорноземів до глибини 2-3м не простежується. Початково чорноземи не засолені до глибини 5-7 м, а частіше і глибше [9].

Головними ґрунтами Придунайської терасової рівнини є чорноземи південні малогумусні міцелярно-карбонатні, які утворились на середньосуглинистих лесових породах.. Вони високородючі, однак, через часті засухи врожаї нестійкі.

З півночі на південь поступово зменшується потужність гумусового горизонту і вмісту гумусу у верхньому горизонті. На південь потужні різновиди чорноземів звичайних змінюються середньо-потужними (= 65 - 85 см) і малопотужними (< 65 см) малогумусними. В останньому випадку вміст гумусу близько 3 %, тобто на рівні вже переходу до слабкогумусованих різновидів [9].

Чорноземи південні практично на всій території регіону малопотужні слабкогумусовані, оскільки вміст гумусу у верхньому горизонті тут менший ніж 3 %.

Більша частина басейну досліджуваних річок складається з південних чорноземів, які займають десь 80 відсотків території. Вони відносяться до порівняно знижених, рівних ділянок. Для будови чорноземів даної території характерна досить невелика потужність гумусових горизонтів (до 50 сантиметрів). Характерними рисами для них є біль-менш світле забарвлення і

мало виражена грудкувато-зерниста структура. Біля 20 відсотків площі басейну складається з долинної заплавної місцевості з лугово-чорноземними ґрунтами, які відносяться до солончакуватих, а також з надзаплавно-терасових піщано-степових й надзаплавно-терасових лесово-степових місцевостей.

При зрошуванні чорноземів у регіоні, особливо водою малих річок, зменшується вміст обмінного кальцію і зростає частка магнію і натрію, що дозволяє відносити такі чорноземи до вторинно - або ж іригаційно-осолонцьованих. Чорноземи району досліджень характеризуються загалом незадовільним режимом живлення. азоту, фосфору і калію.

Рослинність досліджуваного регіону типова для степової зони. В даний час степи розорані, а площі дерев та чагарників сильно скоротилися, на теперішній час серед природної рослинності переважають лугові і болотні заплави (рис. 1.3). У травостої панують болотні види: мітлиця повзуча, поручайник широколистий, очерет звичайний, осока струнка і ін. Рослинність заправ досить одноманітна. Головною рослиною є очерет; тут ростуть також рогіз широколистий і вузьколистий, осоки та інші вологолюбні рослини [6].

Південно-західна приморська смуга типчаково-ковилових степів представлена Дунай-Дністровським геоботанічним округом з типчаково-ковиловими і полинно-типчаково-ковиловими степами у комплексі з галофітними угрупованнями та солонцюватими луками.

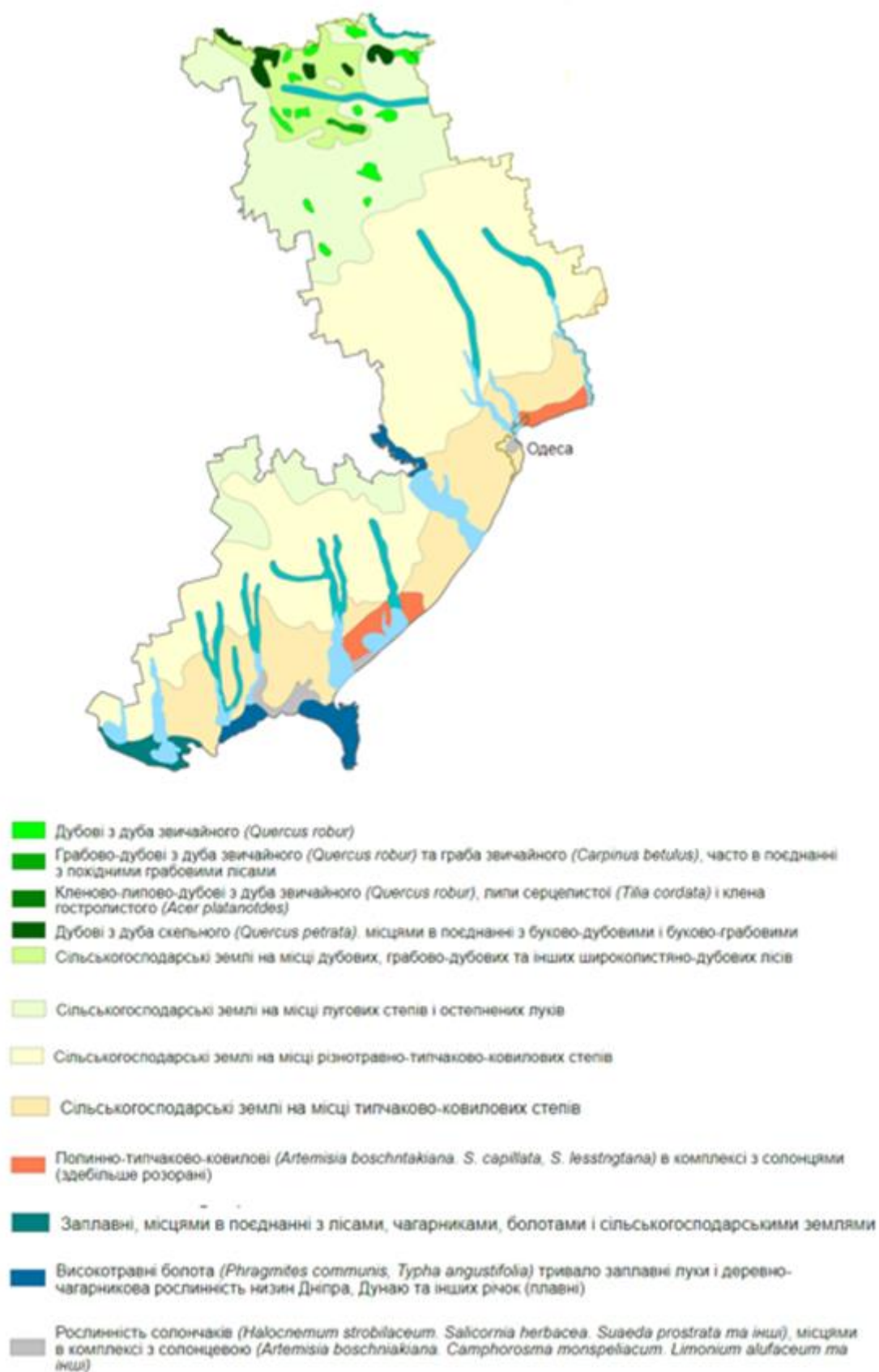


Рисунок 1.3 – Карта рослинного покриття Одеської області

1.3 Кліматичні умови

Клімат межиріччя Дунай-Дністер помірно континентальний з жарким сухим літом, м'якою малосніжною нестійкою зимою. Середня температура січня змінюється в межах від $-5,0^{\circ}\text{C}$ на півночі до $-1,8^{\circ}\text{C}$ на півдні; липня, відповідно, від $+21,0^{\circ}\text{C}$ до $+22,9^{\circ}\text{C}$. Абсолютні максимуми температур сягають $+40^{\circ}\text{C}$ і більше, мінімуми до -20°C і нижче. Безморозний період триває 130-150 днів на півночі, 166-208 – на півдні. Період активної вегетації (з середньодобовими температурами понад $+10^{\circ}$) становить 170-190 днів[10].

Річна кількість опадів в межах межиріччя Дунай-Дністер становить 350-400 мм. Більша частина опадів припадає на теплу пору року. Протягом квітня-жовтня випадає – 250-275 мм опадів.

Опади холодного періоду розповсюджуються досить рівномірно по території. Вони обумовлені переважно хмарністю теплих фронтів, які охоплюють великі території У південних районах стійкий сніжний покрив буває дуже рідко, а в особливо теплі зими – взагалі не устатковлюється.

Відносна вологість повітря становить 85-86% взимку та 62-63% влітку. На морському узбережжі ці показники помітно вищі: 88-90% взимку та 76-78% влітку. Клімат басейну посушливий, і це його головна негативна характеристика щодо умов розвитку сільського господарства. Південні території мають високу ймовірність настання тривалих бездощових періодів більше 40 днів – 60-80% і більше, понад 50 днів – 30-40% і більше [10].

Серед несприятливих кліматичних явищ для басейну характерні суховії та пилові бурі (повторюваність - 3-8 днів на рік), грози (20 - 26 днів).

1.4 Гідрологічна та гідрографічна характеристики

Для впровадження інтегрованого підходу в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом, що характерний для Європейського Союзу, Верховна Рада України на законодавчому рівні 2016 року затвердила

сучасне гідрографічне районування території держави за районами річкових басейнів. Район річкового басейну – головна одиниця управління у сфері використання й охорони вод і відтворення водних ресурсів, що складається з річкового басейну (або сусідніх річкових басейнів) та прибережних і підземних вод, пов'язаних з ними[6]. Територія досліджуваного району до сучасного гідрографічного районування території України знаходиться в межах басейну річок Причорномор'я (рис1.4) [11].

Кліматичні умови та рельєф території обумовили наступні особливості гідрологічного режиму річок Причорномор'я: - всі річки маловодні, більшість з них влітку пересихають. . Більша частина річкового стоку (80-90%) проходить у весняний період; - живлення річок, переважно, снігове. Щорічний режим характеризується весняною повінню і тривалою літньо-осінньою меженню з рідкими зливовими паводками. (У зв'язку з частими відлигами зимою, що призводять до часткового або повного танення снігу, відбувається формування зимових паводків різної інтенсивності та водності.

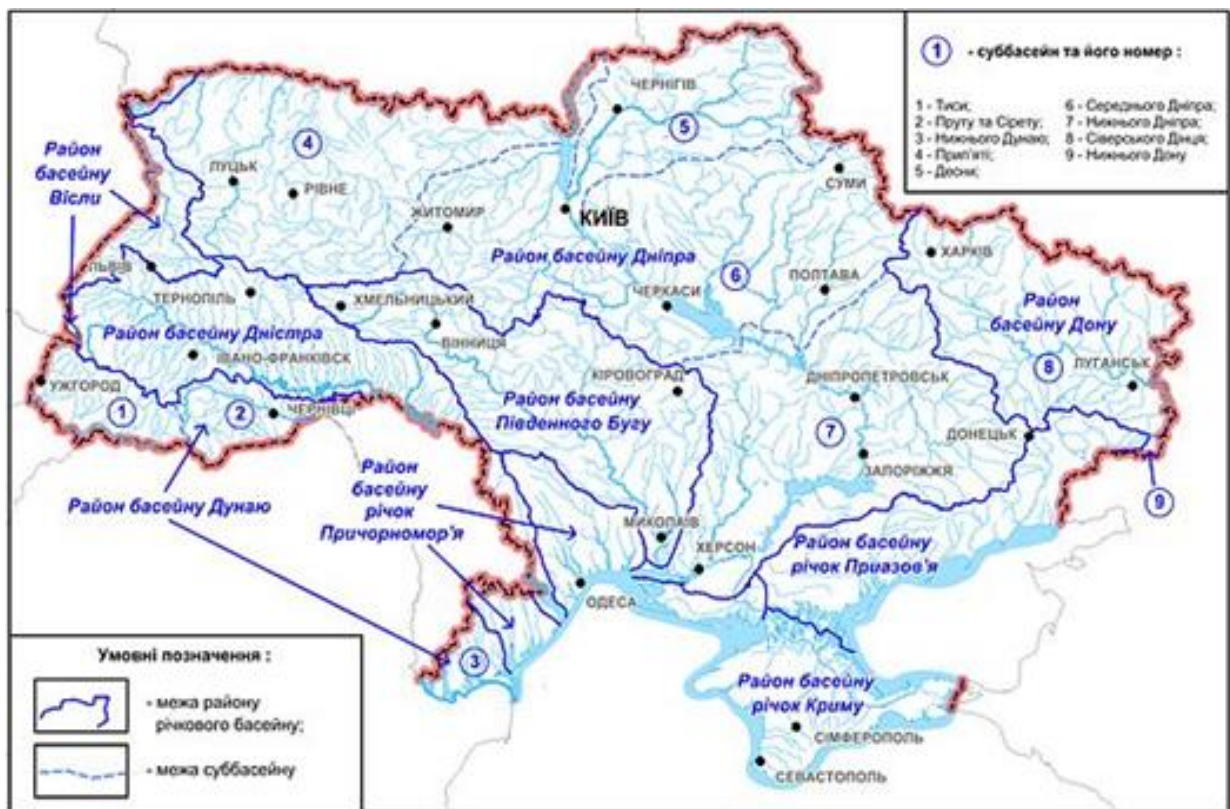


Рис. 1.4 – Гідрографічне районування території України [11]

За рахунок таких умов навесні часто формуються невисокі водопілля з максимальними витратами води, часто нижчими за зимові паводки у січні-лютому. Річки не дренують основні водоносні горизонти і тому практично не мають підземного живлення. Нетривалий весняний стік, відсутність стоку в теплий період зумовлюють у край нерівномірний розподіл стоку, призводять до пересихання їх улітку. Після проходження повені більшість річок, як правило, пересихають, причому пересихання нерідко триває до наступного сніготанення); - тривалість льодоставу 1-2 місяці [12].

В останні роки спостерігається зменшення водності більшості річок. Відбувається це в основному через кліматичні зміни (підвищення середньорічних значень температури повітря, перерозподіл кількості і інтенсивності опадів, збільшення кількості посушливих явищ в літній період), так і антропогенна діяльність (надмірна розораність водозбору, випрямлення русел тощо). Також необхідно відмітити, що на річках Причорномор'я відсутні гідрологічні пости. Це не дає можливості своєчасно одержувати фактичні дані про витрати та рівні води на річках. Всі значення щодо величину стоку вираховуються за непрямыми даними [12].

Особливості геологічної будови і різноманітність літологічного складу осадової товщі зумовили складні гідрогеологічні умови даного артезіанського басейну. Підземні води розміщені у відкладах різного віку, генезису і літологічного складу - від зони тріщин кристалічного фундаменту до четвертинних. Ґрунтові води знаходяться в четвертинних і неогенових породах і характеризуються різноманітними глибиною залягання, способами і доступністю видобутку, розповсюдженням та якістю. Основне направлення руху підземних вод в четвертинних відкладах орієнтовано в цілому з півночі на південь, що пояснюється заглибленням водомістких порід і розподільних шарів на південь і південний захід. Направленість руху в четвертинних і неогенових відкладах (ґрунтові води) в природних умовах співпадають переважно з нахилом земної поверхні, область живлення співпадає з областю розповсюдження, розвантаження проходить в долинах. Всього

спостерігається близько 20 водоносних горизонтів, які мають вплив на режим поверхневих водних об'єктів [5,6].

Загальні запаси підземних вод у річок Причорномор'я обмежені і потребують суворого контролю щодо їх забору та використання.

Найбільш складна ситуація з підземними водами склалася на Дунай-Дністровському межиріччі. Тут вони поширені несучільно (фрагментарно).

Якісна характеристика підземних вод така. Більшість вод за загальною мінералізацією перевищує норматив - 1 грам на літр. Особливо висока мінералізація ґрунтових вод Дунай-Дністровського межиріччя.

1.5 Антропогенний вплив на формування гідрохімічного режиму

Антропогенне навантаження на досліджуваній території формується за рахунок точкових та дифузних джерел. Характерною особливістю є те, що рівень дифузного забруднення залежить не лише від антропогенного навантаження в річковому басейні, а у багатьох випадках визначається локальними кліматичними, гідрологічними умовами, властивостями підстильної поверхні і ґрунтів. Основним джерелом надходження органічних сполук є домогосподарства переважного сільського населення, які не обслуговуються каналізаційною мережею [5].

У сільських населених пунктах та невеликих містах стічні води відводяться у відстійники, облаштовані у землі, звідки забруднюючі речовини легко потрапляють у підземні води і транспортуються з ними у річкове русло. Мікробіальні та сорбційні процеси у ґрунтовому покриві сприяють утилізації 70 % органічних речовин. Разом з тим, значна чисельність населених пунктів не облаштованих системами збору та очищення стічних вод призводить до забруднення поверхневих вод.

Основною причиною забруднення органічними речовинами є недостатня або відсутня очистка стічних вод після використання населеними пунктами, промисловими та сільськогосподарськими точковими джерелами.

Таке забруднення може впливати на склад водних видів та на екологічний статус. Для розкладу органічних речовин споживається багато кисню, вміст якого у воді різко зменшується і спричиняє припинення життя водних організмів. Органічне забруднення, що формується із вказаних джерел оцінюється за показниками БСК, ХСК [5,14].

За даними звітів про використання води по формі № 2ТП - водгосп (річна) в 2019 році загальний об'єм стічних вод, скинутих у поверхневі водні об'єкти басейну річок Причорномор'я, склав 93,126 млн.м³, у т.ч.: забруднених без очистки – 0,614 млн.м³, забруднених недостатньо-очищених – 1,332 млн.м³ [5].

Надходження у воду біогенних елементів є рушійною силою евтрофікації, що призводить до збільшення первинної продукції та накопичення органічної речовини. Збагачення води поживними речовинами, які стимулює розвиток автотрофних гідробіонтів, наслідком чого є небажане порушення балансу організмів у водному середовищі та зниження якості води. Серед біогенних елементів домінуючу роль відіграють сполуки фосфору та азоту.

З території басейну річок Причорномор'я формується емісійний потік сполук азоту рівний 1947,7 т/рік. При цьому просторовий розподіл стоку азоту характеризується високою неоднорідністю. Найбільші показники з досліджуваних річок притаманні р. Алкалія, що пояснюється великою водозбірною площею - 2913,3 км². Зважаючи на малі показники водності досліджуваних річок, це буде нести велику небезпеку через зменшення розбавляючої здатності водного стоку [5].

Надходження сполук азоту у басейні досліджуваних річок в основному зумовлено дією сільськогосподарських джерел. За рахунок внесення добрив та обробітку ґрунту формується 78% загального стоку азоту. З поверхні сільськогосподарських угідь домінуюча частина азоту, що становить 82%, надходить у формі нітратних сполук [14].

Можна також зазначити забруднення важкими металами – залізом загальним. Джерелами забруднення важкими металами басейну досліджуваних річок є: промислові стоки, господарсько-побутові, поверхневий стік з територій, а також аварійні скиди. Серед підприємств, що надають забруднення в досліджувані об'єкти можна назвати: КП «ВУЖКГ» смт. Тарутино, КП «Сарата комунсервіс» [5].

2 ОПИСАННЯ МЕРЕЖІ МОНІТОРІНГУ

В сучасний період основним документом, що має дуже важливе значення при визначенні стану поверхневих вод та можливості їх застосування для того чи іншого виду водного господарства є Водна Рамкова Директива (ВРД) 2000/60/ЄС [4]. Наразі в Україні відбувається адаптація національної стратегії охорони водних ресурсів до положень ВРД.

Згідно до основних положень цього документу оцінюється стан водних об'єктів, що опирається на результати досліджень гідро-екологічного моніторингу.

Екологічний моніторинг – це комплексна система спостережень, збору, обробки, систематизації та аналізу інформації про стан навколишнього середовища, яка дає оцінку і прогнозує його зміни; розробляє обґрунтовані рекомендації для прийняття управлінських рішень [15].

Моніторинг вод є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища представляє собою систему спостережень за якою здійснюється оцінка стану вод та прогнозування його змін з метою розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів [15].

Мережа моніторингу охоплює всі категорії водних об'єктів, які формують різноманітність ситуації, і дозволяє робити висновки про якість вод. Спостереження на даних водних об'єктах проводяться за спеціальними угодами з сусідньою Молдовою так, як досліджувані річки беруть свій початок на її території. Створюються спеціальні робочі групи до яких входять спеціалісти двох держав і розробляються відповідні документи. За затвердженим графіком спеціалісти лабораторії відокремленого підрозділу Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю «Причорноморський центр водних ресурсів та ґрунтів» проводили спеціальні дослідження, дані яких були надані нам за період з 2013 по 2021

роки. Гідрохімічні проби відбиралися на таких постах: р. Хаджидер с. Сергіївка та с. Чистоводне, р. Алкалія с. Широке, р. Каплань с. Крутоярівка.

Для аналізу гідрохімічного режиму річки Хаджидер за період спостережень (2013-2021 рр.) приймалися дані постів моніторингу у двох створах.

Перший створ спостережень р. Хаджидер с. Чистоводне, розташований за 2.4 км на північ від села, за 400 м на південь від кордону. За 60 км від гирла. Долина річки шириною до 200 м має симетричну морфографію, береги пологі, поступово переходять у вододільне плато. Береги складені суглинками. Русло звивисте. Гідрологічний режим характеризується добре вираженою весняною повінню та літньою меженню яка зрідка переривається дощовими паводками. Середні витрати води 10-34 л/с. Ширина русла 0.7-2 м, середня глибина 0.08 м.

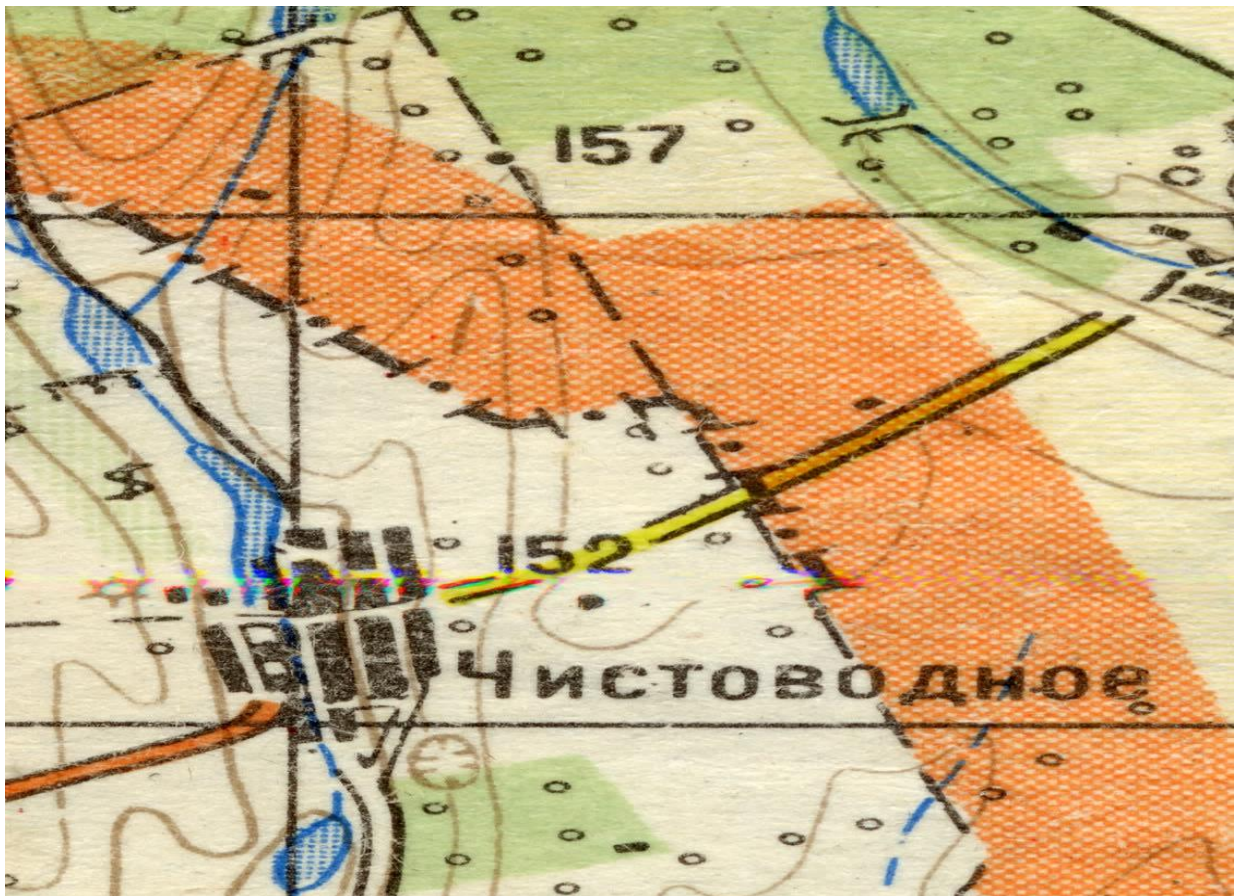


Рисунок 2.1 – Карта-схема ділянки водного об'єкту, на якій проводяться спостереження [5]

Другий створ спостережень р. Хаджидер с. Сергіївка розташований на мосту, за 10.1 км від гирла. Долина річки шириною до 800 м має симетричну морфологію, береги пологі, поступово переходять у вододільне плато. Береги складені суглинками. Русло спрямлене, «каналізоване». Гідрологічний режим характеризується добре вираженою весняною повінню та літньою меженню яка зрідка переривається дощовими паводками. Середні витрати води 340 л/с. Ширина русла 3.5-10 м, середня глибина 0.2-0.4 м.



Рисунок 2.2 – Карта-схема ділянки водного об'єкту, на якій проводяться спостереження [5]

Наступними були дослідження на р. Алкалія с. Широке. Пункт (створ) спостережень, розташований на північній околиці села. Долина річки має асиметричну будову. Лівий берег пологий, правий берег більш крутий. Нахил складає 35 градусів. Береги складені з суглинків, русло звивисте.

Гідрологічний режим залежить від опадів і скидань з водосховищ, які розташовані в долині річки. Більшу частину року (влітку, восени, частково зимою) русло пересихає, утворюються «мочажини», які частково підживлюються ґрунтовими водами. Період водності річний стік становить 18-50 л/с, ширина русла 1-2,5 м., глибина 0,07-0,30 м. Впадає в озеро Бурнас.

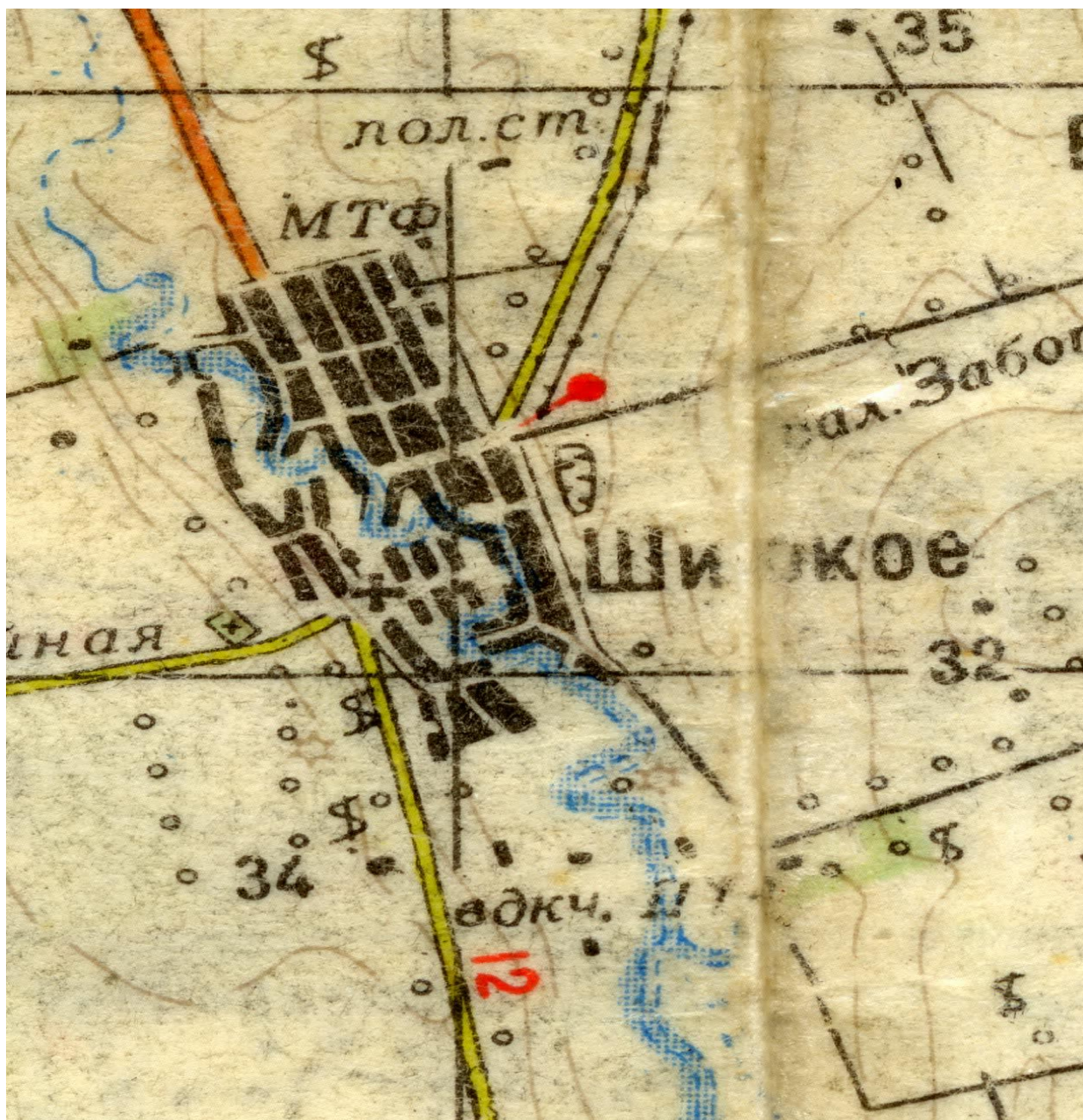


Рисунок 2.3 – Карта-схема ділянки водного об'єкту, на якій проводяться спостереження [5]

Наступний пункт спостереження р. Каплань с. Крутоярівка кордон з Молдовою. Ліва притока річки Хаджидер. Пункт (створ) спостережень, розташований західніше села Крутоярівка на мосту а/д. За 19 км від гирла.



Рисунок 2.4 – Карта-схема ділянки водного об'єкту, на якій проводяться спостереження [5]

Згідно з програмою державного моніторингу поверхневих вод у системі Держводгоспу, яку затверджено наказом комітету від 14.06.10 № 111 гідрохімічні проби води відбираються щоквартально.

На кожному з досліджуваних об'єктів було відібрано по 36 проб після аналізу яких і проводилися наші дослідження.

3 ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Хімічний склад природних вод є дуже складним, так як сюди входять розчинні гази, мінеральні солі та органічні сполуки. Можна навіть зазначити, що у природних водах знаходяться майже всі відомі хімічні елементи.

На формування хімічного складу природних вод впливає значна кількість чинників як природних так і антропогенних. Хотілось би відмітити значне підвищення саме антропогенного впливу в сучасний період. На досліджуваній території важливим джерелом забруднення хімічними речовинами можна вважати промислові, господарсько-побутові та сільськогосподарські стічні води. В зв'язку з цим актуальності набувають питання пов'язані з дотримання відповідних стандартів при використанні природних вод за різними напрямками та розробка і дотримання програми охорони водних об'єктів, що призводить до зменшення концентрації забруднювальних речовин[16-18].

Варто відмітити, що починаючи із 2014 р., в Україні відбуваються заходи з імплементації положень Водної рамкової директиви Європейського Союзу, основними з яких стануть плани управління районами річкових басейнів, направлені на поліпшення якості вод. Особливого значення надається державному моніторингу за якістю поверхневих вод, що дуже актуальним є для підтримання та відновлення якості поверхневих вод малих річок [15].

Наше дослідження можна вважати своєрідним внеском для збереження якості річок, що протікають на території межиріччя Дунай-Дністер. І хоч ці річки малі, але значення їх для даної території велике. Також хочеться наголосити, що ці річки є транскордонними і мають свій початок на території Молдови, що надає ще більшої актуальності питанням, що вивчаються в наших дослідженнях. Для дослідження ми обрали річки Хаджидер, Алкалія та Каплань за період з 2013 по 2021 роки.

.

3.1 Характеристика основних іонів та мінералізації

Для визначення мінералізації та характеристики основних іонів були використані дані, що надала лабораторія відокремленого підрозділу Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю «Причорноморський центр водних ресурсів та ґрунтів» за період з 2013 по 2021 роки. Гідрохімічні проби відбиралися на таких постах: р. Хаджидер с. Сергіївка та с. Чистоводне, р. Алкалія с. Широке, р. Каплань с. Крутоярівка.

Свої дослідження ми розпочали з визначення мінералізації поверхневих вод досліджуваних об'єктів. Мінералізація води – це визначена за допомогою аналізів кількість розчинених у воді мінеральних речовин, що виражена у мг/дм^3 . Загальноприйнятим є ступінь мінералізації, що характеризує межу прісних вод, тобто $1,0 \text{ г/дм}^3$, який застосовують в усіх класифікаціях. Всі інші граничні значення ступеня мінералізації вод обґрунтовують теоретично або відповідно практичного значення типу води [16-19].

У класифікації В.К. Хільчевського [17] у градаціях мінералізації вод значною мірою враховано сучасні практичні та екологічні вимоги при використанні вод.

Основною особливістю досліджуваних річок є те, що вони мають загальну мінералізацію води $>1000 \text{ мг/дм}^3$ з найвищими максимальними значеннями в межах $3000-7500 \text{ мг/дм}^3$.

Значення середньорічної мінералізації водних об'єктів за період 2013-2021 рр. наведено в додатку А.1, рис.3.1.

Як видно з таблиці додатку А.1 та графіку 3.1 найвищі показники мінералізації притаманні на посту р. Хаджидер с. Сергіївка. (2013, 2015, 2017 рр.) та р. Алкалія с. Широке (2013,2014,2018 рр), що пов'язано зі значною зарегульованістю цих річок, природними та антропогенними факторами.

Аналіз отриманої інформації показав, що середня річна мінералізація в пункті р. Хаджидер с. Сергіївка. змінювалася від 7547 мг/дм³ в 2013 році до 3931 мг/дм³ у 2018 році. А в місці відбору проб р. Алкалія с. Широке середні річні значення мінералізації змінювалися від 4516 мг/дм³ у 2013 році до 2928 мг/дм³ у 2016 році.

Стосовно посту Хаджидер с. Чистоводне можна зазначити, що води цього досліджуваного об'єкту мають нижчу мінералізацію порівняно з іншими постами. Показники середньорічної мінералізації змінювалися від 2664 мг/дм³ у 2021 році до 1669 мг/дм³ - у 2014 році.

А ось у водах посту р. Каплань с. Крутоярівка середньорічні значення мінералізації коливаються від 3931 мг/дм³ у 2020 році до 2125 мг/дм³ у 2013 році.

Виходячи із величин мінералізації на досліджуваних об'єктах можна зазначити вплив як природних так і антропогенних чинників.

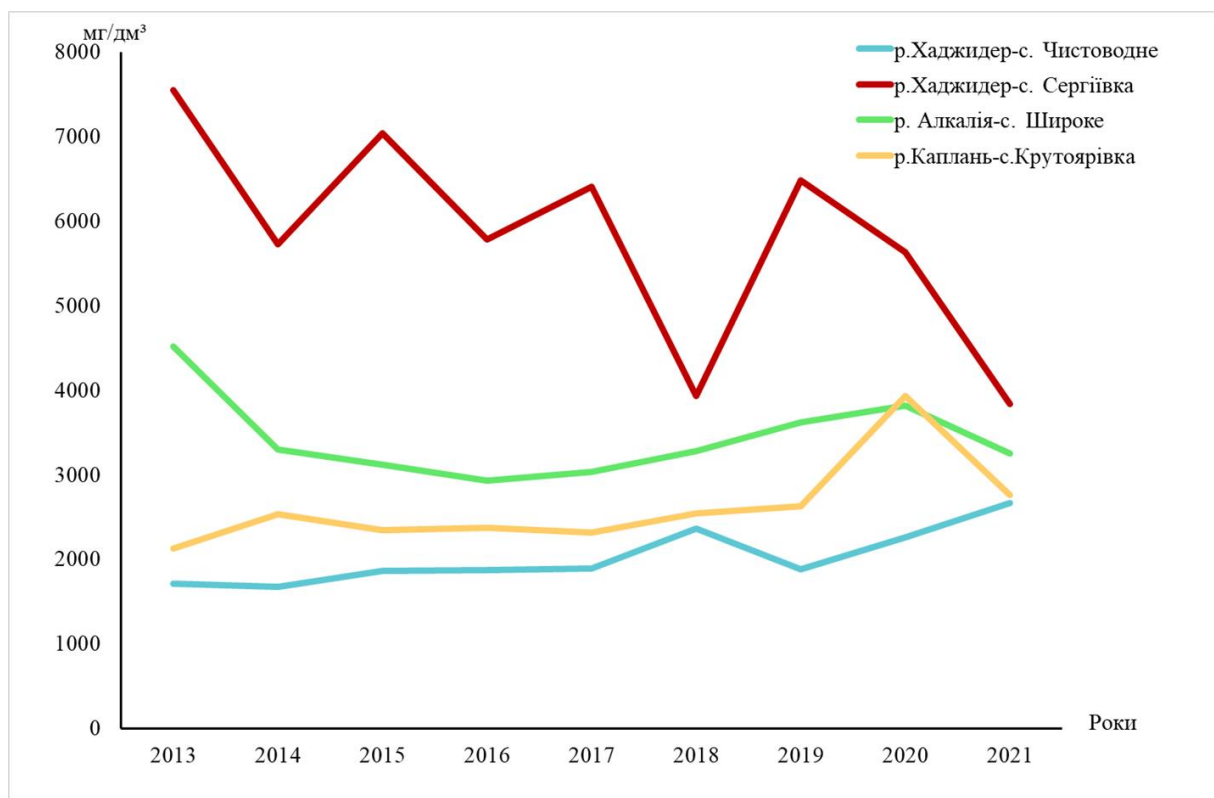


Рисунок 3.1 – Середньорічні значення мінералізації водних об'єктів за досліджуваний період 2013-2021 рр.

Також були проведені дослідження вмісту головних іонів та їх вплив на мінералізацію води досліджуваних об'єктів. Першим ми розглядали вміст головних іонів на посту *р. Хаджидер - с. Чистоводне*

Показники за роки дослідження наведені в таблиці додатку А.2, рис. 3.2.

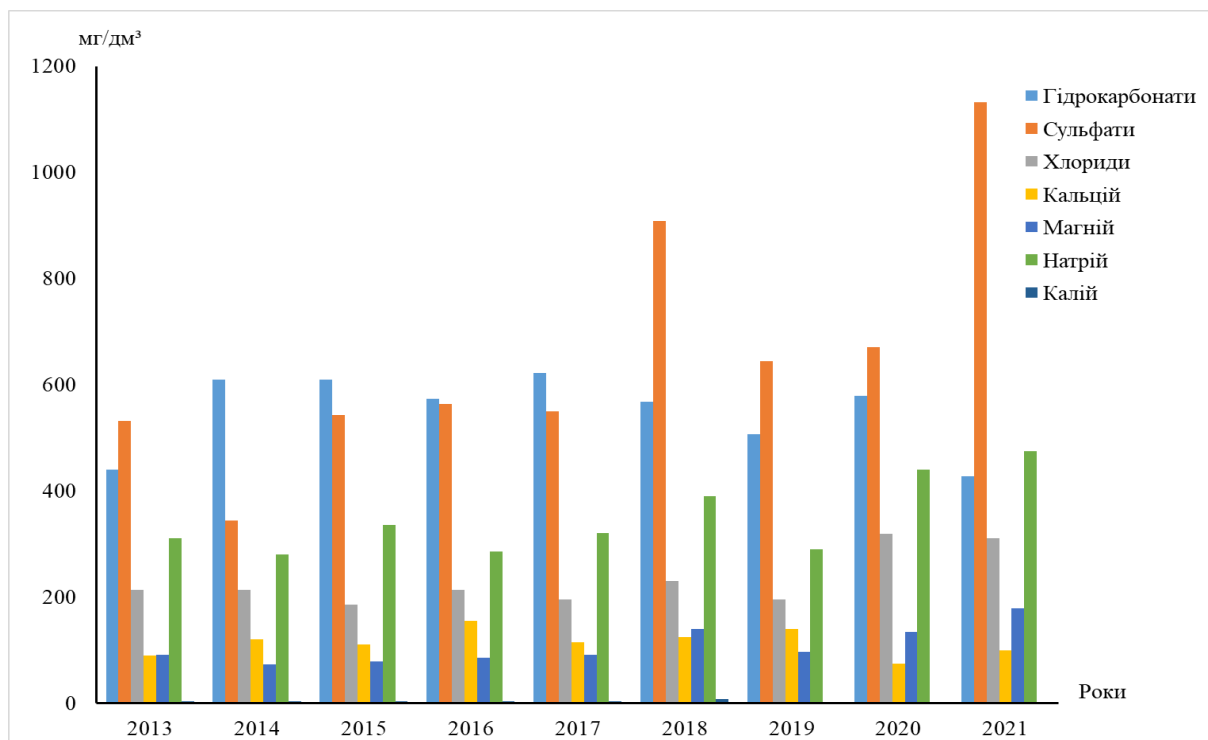


Рисунок 3.2 – Середньорічна концентрація головних іонів у воді
р. Хаджидер – с. Чистоводне за період 2013-2021рр., мг/дм³

Аналізуючи таблицю додатку А.2, та рис.3.2 можна зазначити, що серед основних іонів найбільше значення мають сульфатні іони. Середньорічна концентрація сульфатних іонів (SO_4^{2-}) змінювалась у межах від 344,16 мг/дм³ в 2014 р. до 1131,80 мг/дм³ в 2021 р. Така їх значна концентрація обумовлена як природними так і антропогенними факторами. Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів (HCO_3^-) коливалась у межах від 427,00 мг/дм³ в 2021 р. до 622,20 мг/дм³ в 2017 р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період складала 548,3 мг/дм³. Також можна відмітити значну кількість іонів натрію – від 279,91 мг/дм³ в 2014 р. до 475,20 мг/дм³ в 2021 р.

Найменша кількість серед основних іонів характерна для калію та магнію, а ось вміст кальцію трохи вищий і змінюється від 75 мг/дм³ в 2020 році до 155 мг/дм³ в 2016 році.

Наступним ми розглядали пост р. Хаджидер с. Сергіївка. Середньорічна концентрація головних іонів у воді р. Хаджидер - с. Сергіївна за період 2013-2018рр., мг/дм³ наведена в додатку А.3, рис. 3.3.

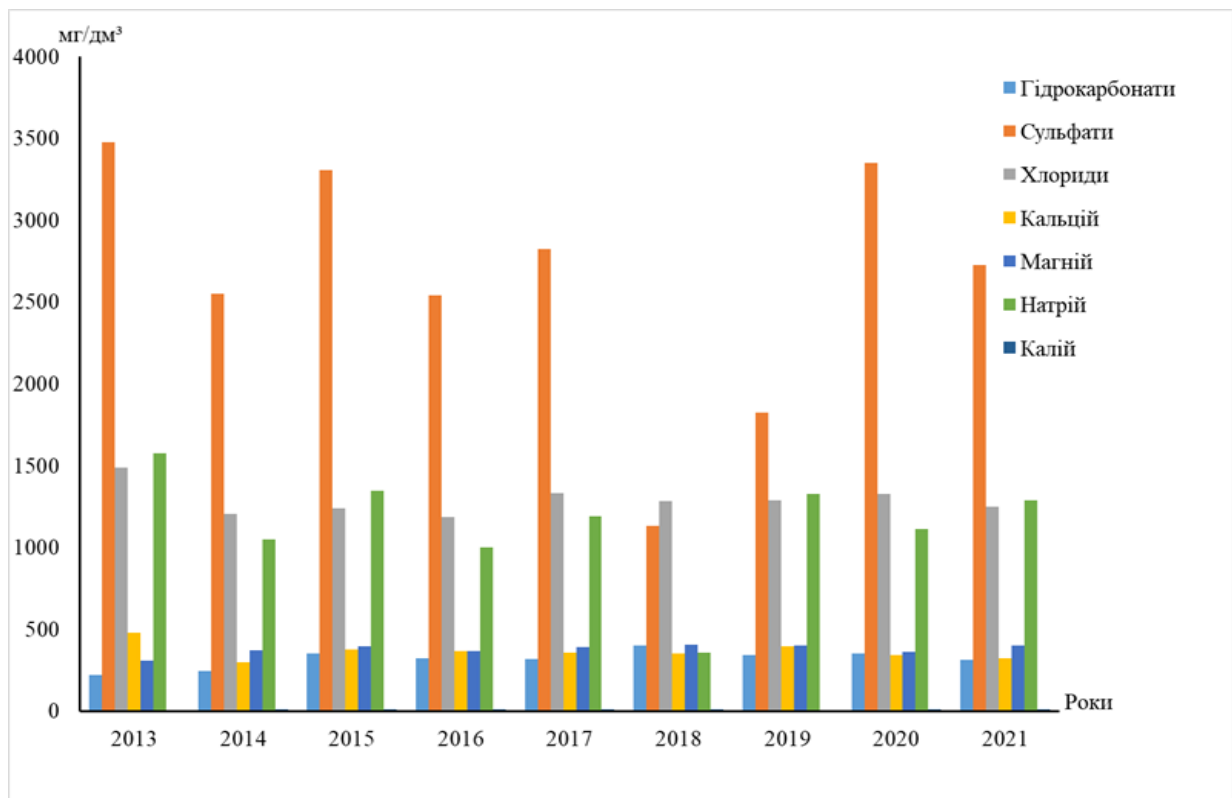


Рисунок 3.3 – Середньорічна концентрація іонів у воді р. Хаджидер – с. Сергіївка за період 2013-2021 рр., мг/дм³

Серед основних іонів найбільша концентрації притаманна для сульфатних іонів, що визначається як природними факторами, так і забруднюючими речовинами, що надходять у води досліджуваної річки. Найменша середньорічна концентрація сульфатних іонів (SO_4^{2-}) спостерігалась у 2018 р. 1131,80 мг/дм³, найбільша в 2013 р. 3474,20 мг/дм³. Концентрація хлоридних іонів (Cl^-) у воді коливалася в межах від 1488,90 мг/дм³ у 2013р. до 1285,10 мг/дм³ у 2018 р. Середня концентрація хлоридних

іонів за досліджуваний період складала 1289,5 мг/дм³. Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів (HCO_3^-) коливалась у межах від 219,60 мг/дм³ в 2013 р. до 402,60 мг/дм³ в 2018 р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період складала 310,1 мг/дм³. Серед катіонів звертають на себе увагу концентрації іонів натрію (Na^+). Їх середньорічні величини змінювались від 1575,00 мг/дм³ в 2013 р. до 354,89 мг/дм³ в 2018 р. Середній вміст за досліджуваний період складав 1086,3 мг/дм³. Вміст іонів кальцію та магнію менший і практично на одному рівні, а найменший вміст притаманний калію.

Після цього ми перейшли до розгляду поста *р. Алкалія с. Широке*. Середньорічна концентрація іонів у воді *р. Алкалія с. Широке* за період 2013-2021 рр., мг/дм³ наведена в додатку А.4, рис. 3.4.

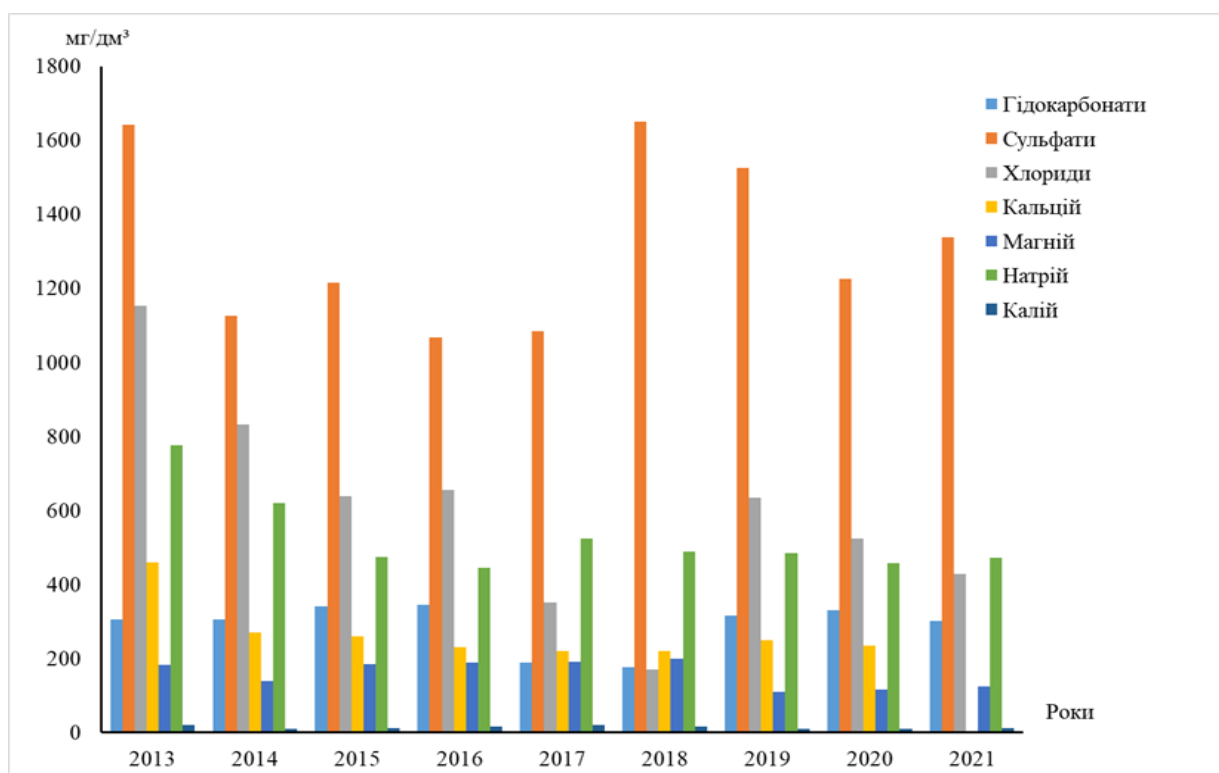


Рисунок 3.4 – Середньорічна концентрація іонів у воді *р. Алкалія – с. Широке* за період 2013-2021 рр., мг/дм³.

Аналізуючи таблицю додатку А.4 можна зазначити, що середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів (HCO_3^-) коливалась у межах від 345,20 мг/дм³ в 2016 р. до 176,90 мг/дм³ в 2018 р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період складала 296,5 мг/дм³. Найменше значення середньорічної концентрації сульфатних іонів (SO_4^{2-}) спостерігалась у 2016 році - 1068,52 мг/дм³ найбільше значення в 2018 році - 1650,12 мг/дм³. Середня концентрація сульфатних іонів за досліджуваний період складала 1319,34 мг/дм³. Концентрація хлоридних іонів (Cl^-) у воді коливалась в межах від 1152,13 мг/дм³ у 2013 р. до 170,73 мг/дм³ у 2018 р. Середня концентрація хлоридних іонів за досліджуваний період складала 598,64 мг/дм³. Середньорічна величина концентрації натрію (Na^+) змінювалась від 775,10 мг/дм³ в 2013 р. до 445,05 мг/дм³ в 2016 р. Середній вміст за досліджуваний період складав 494,22 мг/дм³. Середньорічна концентрація іонів кальція (Ca^{2+}) в межах с. Широке. змінювалась від 460,00 мг/дм³ у 2013 році до 220 мг/дм³ в 2017 році.

Вміст іонів магнію був трохи нижчий, а найменша кількість спостерігалась іонів калію.

І останнім ми розглядали пост *р.Каплань с. Крутоярівка*. Особливості режиму концентрацій головних іонів досліджувались наступним чином. Середньорічні зміни і разові концентрації за період 2013-2021 рр. які характеризувались по посту спостереження на *р.Каплань с. Крутоярівка* наведена в додатку А.5, рис. 3.5.

Поверхневі води цієї річки також характеризуються значним вмістом сульфатних іонів. Середньорічна концентрація сульфатних іонів (SO_4^{2-}) змінювалась у межах від 727,68 мг/дм³ в 2013 р. до 1342,10 мг/дм³ у 2020 р. Середня концентрація сульфатних іонів за досліджуваний період склала 1001,8 мг/дм³. Концентрація хлоридних іонів (Cl^-) у воді коливалась в межах від 221,56 мг/дм³ у 2018 р. до 797,63 мг/дм³ у 2020 р.

Середня концентрація хлоридних іонів за досліджуваний період складала 329,7 мг/дм³. Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів

(HCO_3^-) коливалась у межах від 300,00 мг/дм³ в 2014 р. до 634,40 мг/дм³ в 2020 р. Середня концентрація цих іонів за досліджуваний період склала 478,5 мг/дм³.

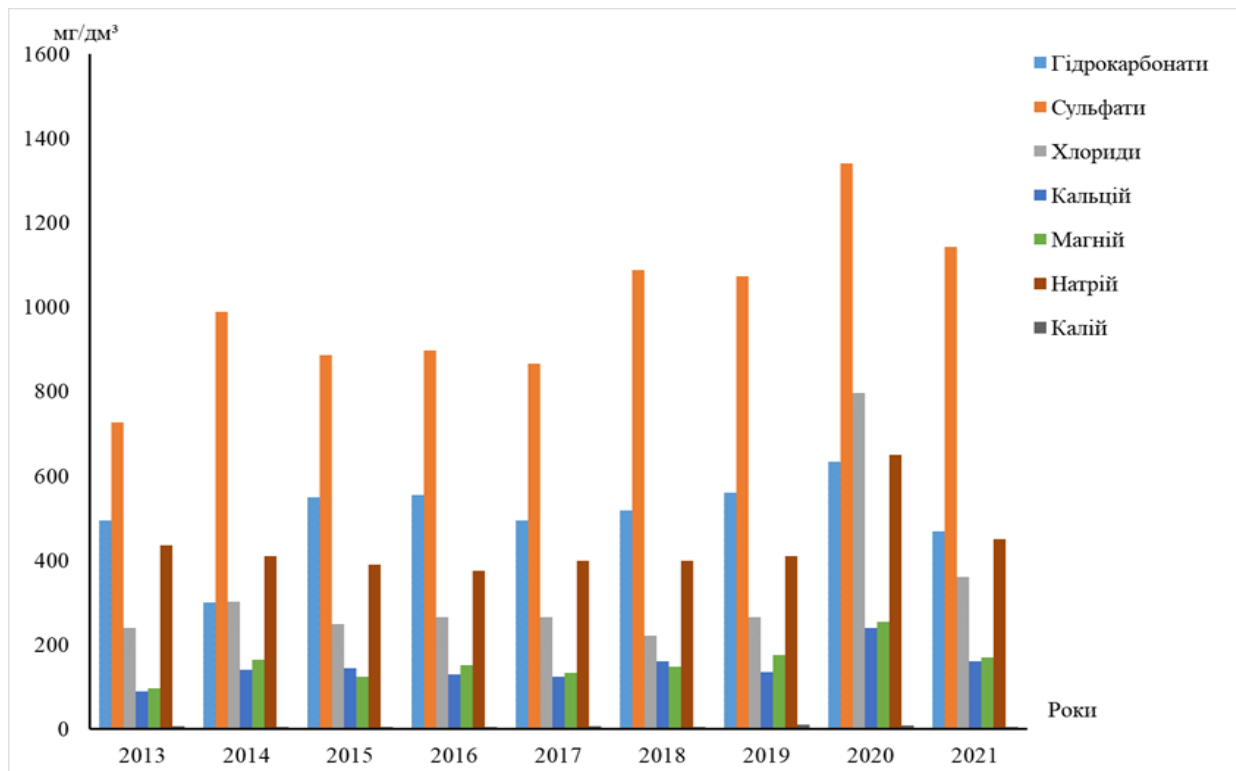


Рисунок 3.5 – Середньорічна концентрація іонів у воді р. Каплань – с. Крутоярівка за період 2013-2021рр., мг/дм³

Стосовно вмісту катіонів у водах цієї річки також можна відмітити значний вміст натрію. Середньорічна величина концентрації натрію (Na^+) змінювалась від 374,90 мг/дм³ в 2016 р. до 650,00 мг/дм³ в 2020 р. Середній вміст за досліджуваний період складав 435,6 мг/дм³. А ось уже вміст кальцію, магнію нижче і практично мають однакові показники.. Середньорічна концентрація іонів кальцію (Ca^{2+}) в межах с. Крутоярівка змінювалась від 90,00 мг/дм³ в 2013 р. до 240,00 мг/дм³ в 2020 р.

Середня концентрація за 2013-2021 рр. склала 147,2 мг/дм³. А ось вміст магнію змінюється від 97, 2 мг/дм³ в 2013 р. до 255,00 мг/дм³ в 2020 р. Як і на інших постах характерним є малий вміст калію.

Хочеться зазначити, що на всіх постах, що нами досліджувалися характерним є значний вміст сульфатних, хлоридних іонів та натрію. Це свідчить про вплив як природних чинників так і антропогенних.

3.2 Вміст біогенних елементів та органічних речовин

Наступним етапом було дослідження біогенних елементів, які безпосередньо приймають участь в життєдіяльності живих організмів. Ці елементи відіграють дуже важливу роль в процесі розкладання органічних речовин. Для аналізу були вибрані такі елементи: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Рзаг.

Мінеральні сполуки азоту. В природних водах азот перебуває у вигляді неорганічних та різноманітних органічних сполук. Неорганічні сполуки представлені амонійними (NH_4^+), нітритними (NO_2^-) та нітратними (NO_3^-) іонами [16-18].

Основними джерелами надходження іонів амонію у водні об'єкти є тваринницькі ферми, господарсько-побутові стічні води, поверхневий стік із сільгоспугідь у разі використання амонійних добрив, а також стічні води. У стоках промислових підприємств міститься до 1 мг/дм^3 амонію, у побутових стоках - $2-7 \text{ мг/дм}^3$; з господарсько-побутовими стічними водами в каналізаційні системи щодоби надходить до 10 мг/дм^3 амонійного азоту [5,16].

Однією із найважливіших хімічних характеристик водного середовища, яка визначає її якість, є наявність у воді органічних речовин. Фактично, у водному середовищі містяться всі органічні речовини, які входять до складу рослинних і тваринних організмів. Крім того, органічна речовина надходить у поверхневі води з поверхневим стоком, скидами промислових та комунально-побутових підприємств [16,17,20].

Одним з основних показників при оцінці вмісту органічної речовини є наявність або відсутність вільного кисню. Чим більша ступінь забруднення водного середовища органічними речовинами, тим більша кількість кисню

витрачається на їх деструкцію і розкладання, тим менше залишається його у воді.

Аналізуючи кисневий режим можна відзначити, що осереднені середньорічні концентрації на кожному пункті, коливалися в межах 10-12 мг/дм³. Ситуація з розчиненим киснем у воді річки є більш менш стабільною, але час від часу трапляються випадки, коли простежувалась дуже мала концентрація кисню і за цим показником вода відносилась до IV класу забруднення.

Спостерігалась загальна тенденція до зростання значень середньорічних величин ХСК. Ця величина зросла від 26,70 мгО₂/дм³ у 2016 р. (Алкалія с. Широке) до 139,00 мгО₂/дм³ у 2018 р. (р. Каплань с. Крутоярівка) При цьому середня величина даного показника становила 64,8 мгО₂/дм³, а одинична максимальна 139,0 мгО₂/дм³. Перевищення ГДК (30 мгО₂/дм³) можна відзначити для кожного досліджуваного поста.

Показник БСК₅ характеризується значно меншими коливаннями, але і для нього є характерною тенденція до збільшення. Відмічаються перевищення ГДК в 2-3 рази практично на всіх досліджуваних постах. Суттєвих сезонних коливань для величини БСК₅ зафіксовано не було.

р. Хаджидер с. Чистоводне. Особливості режиму біогенних елементів і органічних речовин досліджувались наступним чином. Середньорічні зміни і разові концентрації за період 2013-2021 рр. які характеризувались по посту р. Хаджидер с. Чистоводне наведені в додатку А.6, рис.3.6.

Аналізуючи отримані дані можна відзначити, що середньорічні концентрації азоту амонійного коливались в межах від 0,155 мг/дм³ у 2020 р. до 1,350 мг/дм³ у 2021р. Його середній вміст за досліджуваний період становив 0,43 мг/дм³. Якщо порівнювати з ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,39 мг/дм³) [20] то можна відзначити, що перевищення є майже у всіх пробах.

Середньорічні концентрації нітритів за досліджений період дорівнюють в середньому 0,06 мг/дм³. Концентрації нітритів за роками

змінюються від 0 мг/дм³ у 2020 році до 0,110 мг/дм³ у 2018 році з перевищенням ГДК (0,02 мг/дм³) у 80% випадків.

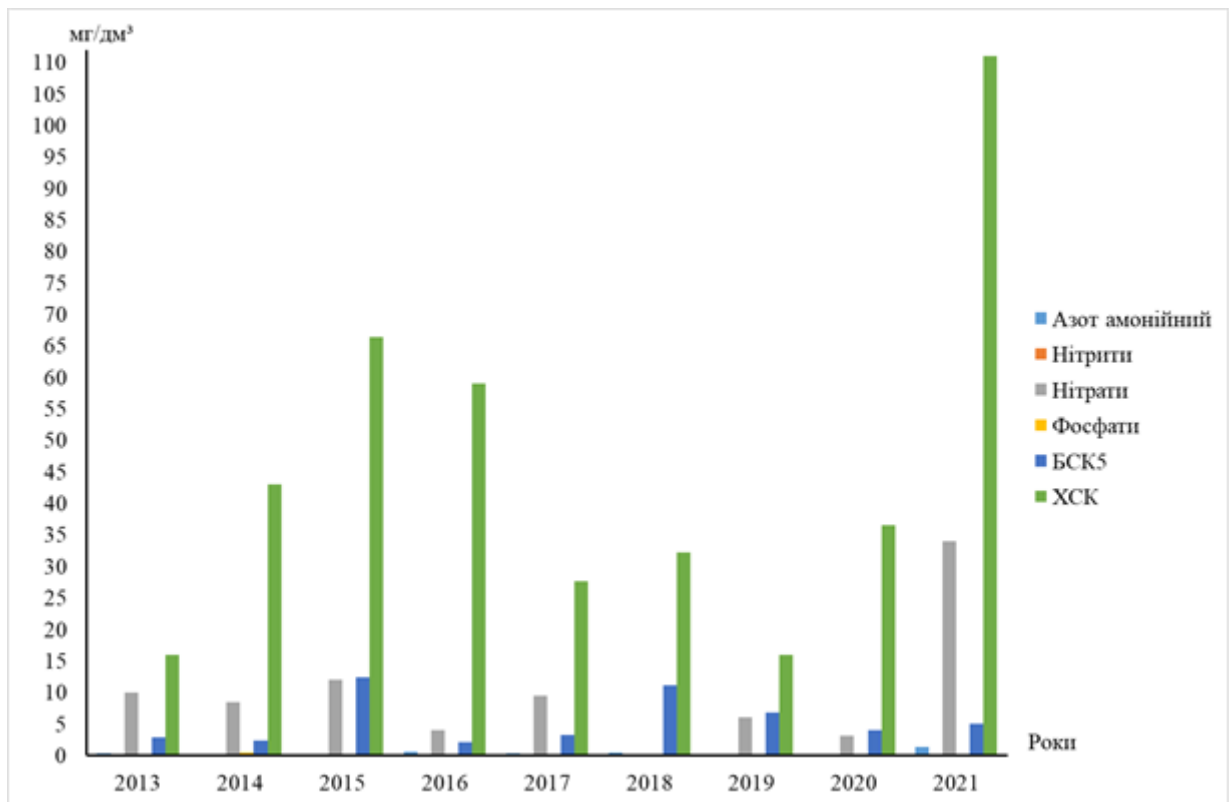


Рисунок 3.6 – Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді р. Хаджидер – с. Чистоводне за період 2013-2021 рр., мг/дм³

Стосовно нітратних іонів можна відзначити, що за період 2013-2021 рр. середні річні нітратних іонів коливались в межах 0,00-34,00 мг/дм³. Можна зазначити також перевищення ГДК рибогосподарського призначення, що складає 9,1 мг/дм³ у 45 % випадків, але найбільше перевищення в 3,7 разів, на жаль, відноситься до 2021 року.

Трохи краща ситуація відзначається з фосфатами, де перевищення ГДК рибогосподарського призначення (0,2 мг/дм³) всього лише в 30% випадків з найбільшим значенням в 2,1 рази в 2014 році.

Розглядаючи дані забруднення органічними речовинами можна відзначити значні концентрації ХСК, що вказують на значну затрату кисню на окислення органічних речовин, які є забрудниками поверхневих вод.

Середньорічні величини значень ХСК за період 2013-2021 рр. коливались в межах 16-111,00 мг/дм³. Майже у 60 % проб відзначається перевищення ГДК (30 мг/дм³) з найвищим показником у 2021 році – 3.7 рази. Стосовно іншого показника органічного забруднення поверхневих вод БСК₅ можна відзначити, що його значення змінювались у межах 2,10-12,4 мг/дм³, перевищуючи ГДК (2 мг/дм³) у всіх наявних пробах з найбільшим значенням у 6,2 рази у 2016 році.

Наступним ми розглядали забруднення біогенними та органічними речовинами пост на *р. Хаджидер с. Сергіївка*.

Особливості режиму біогенних елементів і органічних речовин досліджувались наступним чином. Середньорічні зміни і разові концентрації за період 2013-2021 рр. які характеризувались по посту *р. Хаджидер с. Сергіївка* наведені в додатку А.7 та рис.3.7.

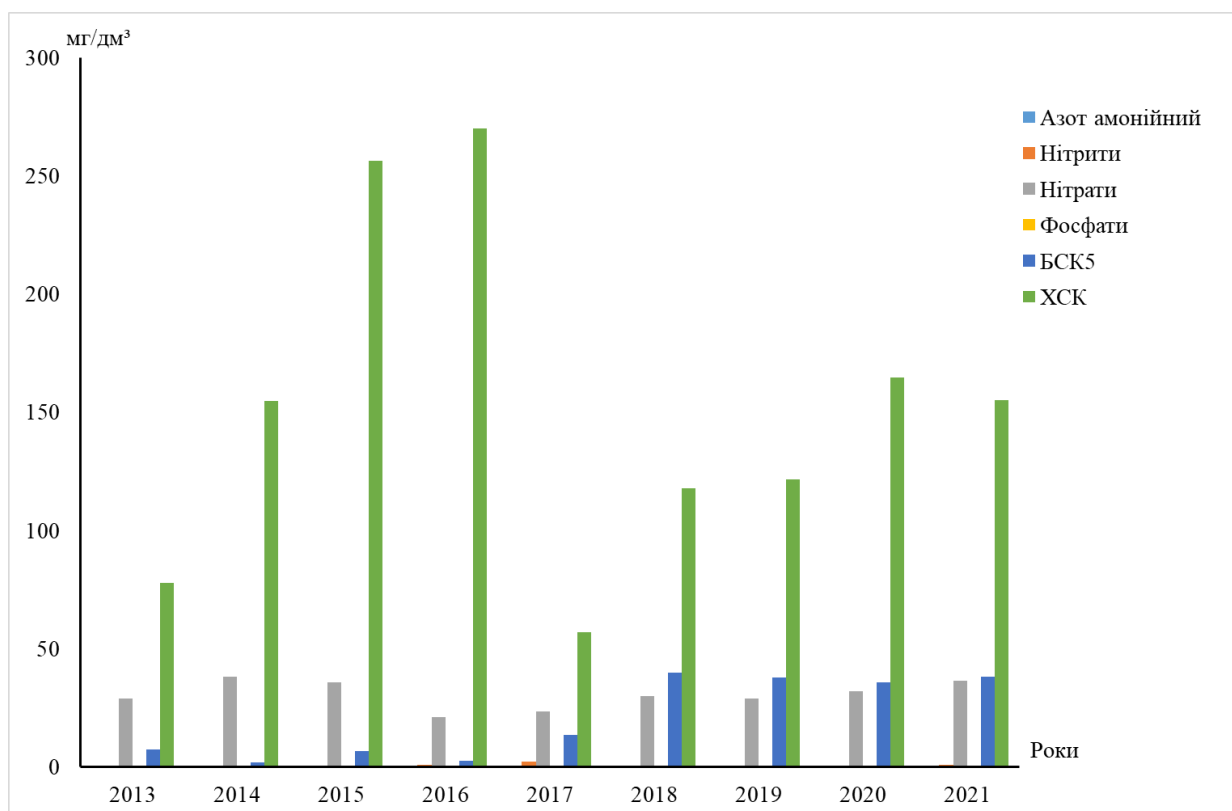


Рисунок 3.7 – Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді *р. Хаджидер – с. Сергіївка* за період 2013 – 2018 рр., мг/дм³

Аналізуючи вміст біогенних елементів у водах річки можна відзначити, що вміст амонійного азоту практично відсутній, середні річні концентрації нітритних іонів коливались в межах $0,220 \text{ мг/дм}^3$ (2018 р.)-- 2200 мг/дм^3 (2017 р.), з перевищенням ГДК ($0,02 \text{ мг/дм}^3$) у всіх пробах. Вміст нітратних іонів змінювався від 21 мг/дм^3 (2016 р.) до $38,4 \text{ мг/дм}^3$ (2016 р.), перевищення ГДК рибогосподарського призначення, що складає $9,1 \text{ мг/дм}^3$ у всіх пробах, але найбільше перевищення в 4,2 рази у 2016 році. Стосовно фосфатів можна зазначити, що вони за досліджуваний період змінювалися від $0,020 \text{ мг/дм}^3$ (2017 р.) до $0,240 \text{ мг/дм}^3$ (2014 р.), перевищення ГДК рибогосподарського призначення, що складає $0,2 \text{ мг/дм}^3$ характерне лише для 2014 року.

Характеризуючи забруднення органічними речовинами поверхневих вод цього посту можна зазначити значний вміст ХСК практично в усіх пробах з перевищенням ГДК (30 мг/дм^3) у 100 % проб, але найвище у 2017 році – у 9 разів. Також можна зазначити значний вміст БСК₅, що також характеризує забруднення органічними речовинами, показники якого змінювалися від $1,96 \text{ мг/дм}^3$ (2014 р.) до 40 мг/дм^3 (2018 р.), перевищення ГДК рибогосподарського призначення, що складає 2 мг/дм^3 характерне для 90 % відібраних проб.

Середньорічні зміни і разові концентрації забруднення біогенними та органічними речовинами за період 2013-2021 рр. які характеризувались по посту р *Алкалія с. Широке* наведені в додатку А.8 та рис.3.8.

При аналізі вмісту біогенних елементів в поверхневих водах цієї річки можна відзначити збільшення вмісту азоту амонійного, концентрація якого змінювалася від $0,39 \text{ мг/дм}^3$ в 2016 р. до $1,55 \text{ мг/дм}^3$ в 2017 р., порівнюючи з ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($0,39 \text{ мг/дм}^3$) можна відзначити, що перевищення є практично у всіх пробах.

Вміст нітритів дуже не стабільний, коливаючись від нуля в 2015 році до $0,495 \text{ мг/дм}^3$ в 2018 р. Зі збільшенням вмісту цих елементів відповідно збільшується і перевищення допустимих значень ГДК для рибогосподарського використання.

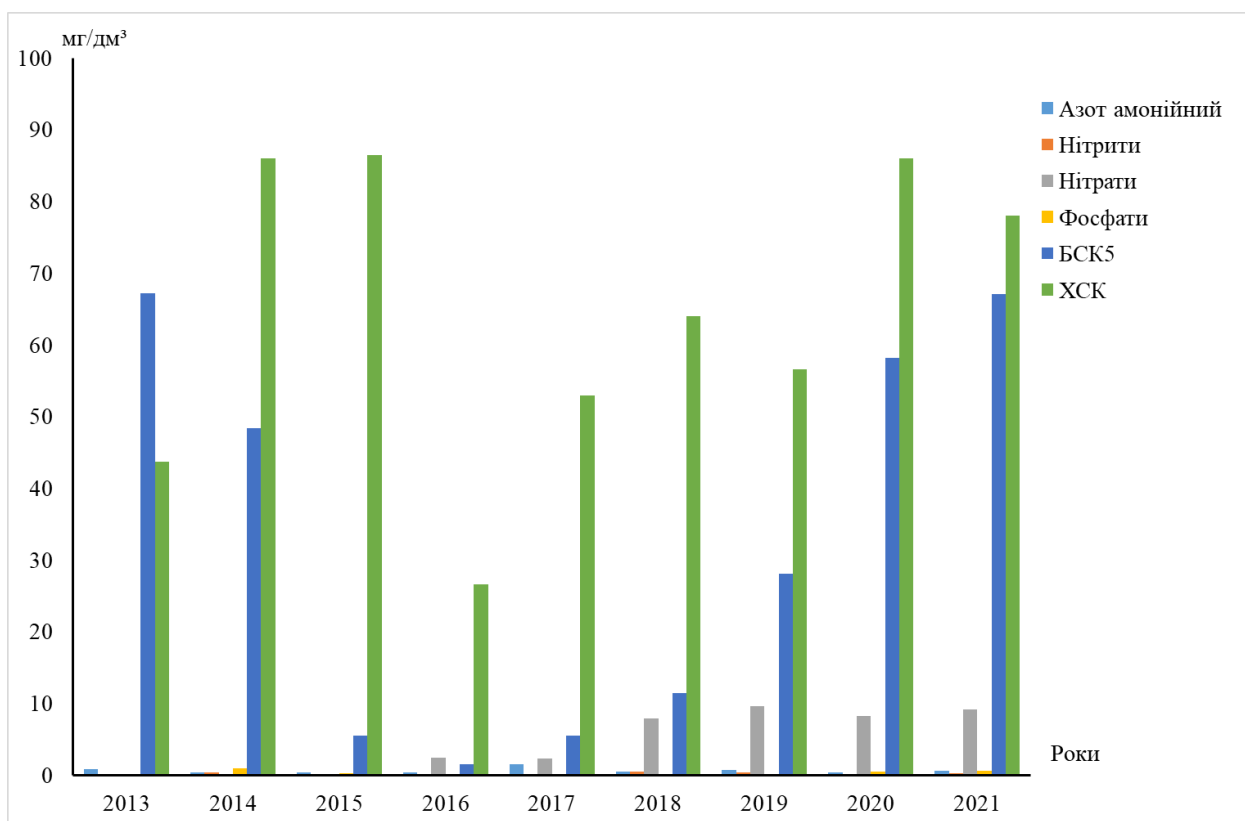


Рисунок 3.8 – Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді
р. Алкалія – с. Широке за період 2013-2021 рр., мг/дм³

Ще більшою не стійкістю характеризується і вміст нітратів, де перші три роки дослідження взагалі не мають цього елементу, але потім починається поступове збільшення вмісту з найвищим значенням у 9,72 мг/дм³ в 2019 р, що і перевищує ГДК рибогосподарського призначення.

Значну мінливість має і вміст фосфатів від 0,040 мг/дм³ в 2018 р. аж до 1,0 мг/дм³ в 2014 році, але враховуючи, що ГДК рибогосподарського призначення складає 0,2 мг/дм³, то перевищення притаманне 40% відібраних проб.

При характеристиці забруднення органічними речовинами слід відмітити високі значення вмісту як БСК₅, так і ХСК з перевищенням ГДК рибогосподарського призначення в усі роки, крім 2016 року.

Останнім ми розглядали пост р. Каплань с. Крутоярівка.. Середньорічні значення вмісту біогенних елементів та органічних речовин за період 2013-2021 рр. наведені в додатку А.9 та рис.3.9.

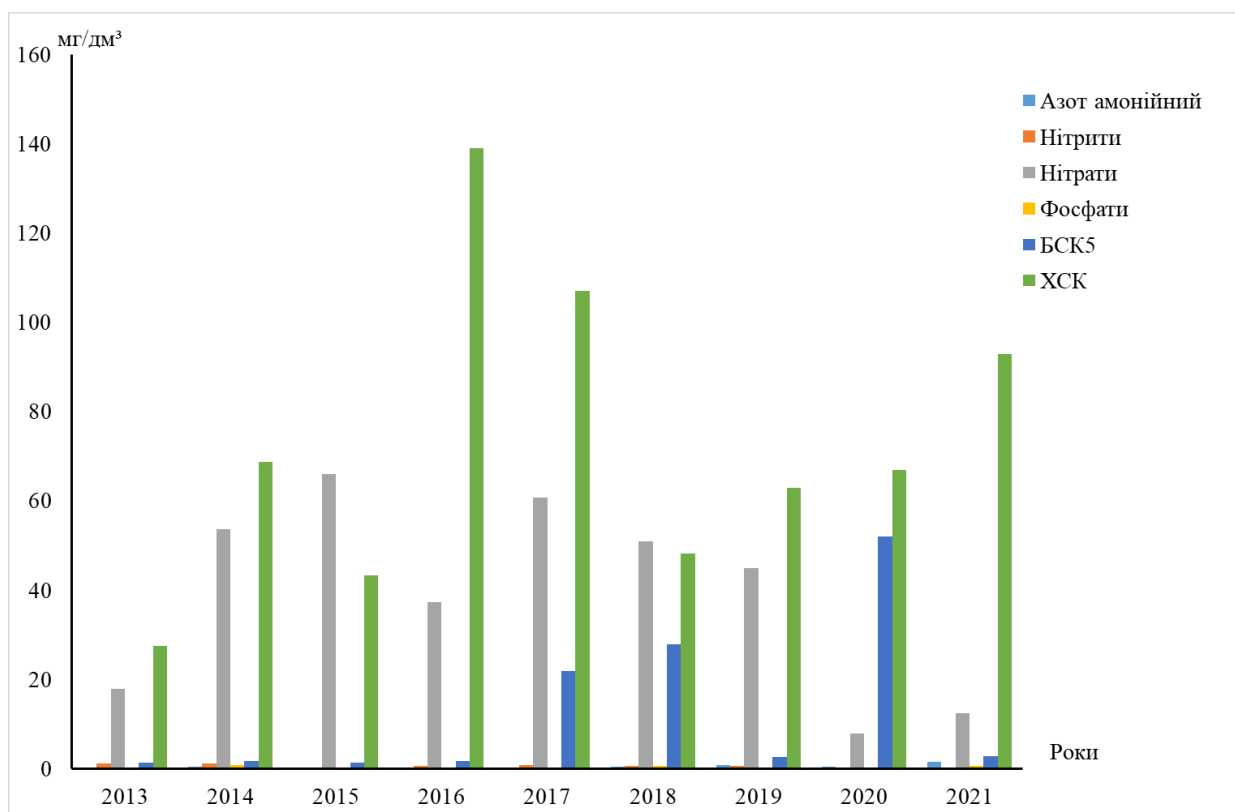


Рисунок 3.9 – Середньорічна концентрація біогенних елементів у воді
р. Каплань – с. Крутоярівка за період 2013-2021 рр., мг/дм³

Для поверхневих вод цього поста також характерний підвищений вміст біогенних речовин. Що стосується вмісту амонійного азоту, то його найвище значення відзначається у 2021 році і становить 1,630 мг/дм³ і значно перевищує ГДК рибогосподарського призначення.

Стосовно нітритів можна також зазначити їх високий вміст, особливо на початку досліджуваного періоду. Загалом перевищення ГДК рибогосподарського призначення відзначається для всіх відібраних проб з найвищими значеннями у 2013 та 2014 роках. Такий же стан і вмісту нітратів, де виключення складає лише 2020 рік з найменшим значенням цього показника і він єдиний не перевищує ГДК рибогосподарського призначення. Вміст фосфатів коливається від 0,017 мг/дм³ в 2013 р. до 0,860 мг/дм³ в 2014 році, тим самим перевищуючи ГДК рибогосподарського призначення 0,2 мг/дм³ практично в усі роки дослідження.

Можна відмітити також і значне забруднення органічними речовинами про що свідчать високі показники БСК₅, які перевищують ГДК у 30% проб та найвищі показники притаманні ХСК, де лише в 2013 році немає перевищення ГДК рибогосподарського призначення.

3.3 Вміст у воді важких металів і забруднюючих речовин

Фізіологічне значення важких металів, їх незаперечний вплив на екологічний стан водного середовища, полягає у тому, що вони входять до складу сполук зі специфічними біологічними функціями: ферментів, вітамінів, гормонів. Ці сполуки активно впливають на інтенсивність процесів обміну речовин у живих організмах. Саме через це вміст важких металів у воді нормується, адже збільшення їх концентрацій може викликати порушення різних біохімічних і біологічних процесів у живих організмах та призвести до їх захворювань, часто хронічних, а той до загибелі [16-18].

Залізо. Вміст заліза у поверхневих водах становить частки міліграма в 1дм³. Підвищений вміст заліза погіршує якість води і можливість її використання для питних і технічних потреб.

До головних чинників, які визначають обсяги та інтенсивність надходження заліза в поверхневі води, слід віднести, насамперед, процеси хімічного вивітрювання гірських порід (механічне руйнування та наступне розчинення). Значна кількість розчинених сполук заліза надходить у води річок з підземним стоком, зі стічними водами різних галузей промисловості і сільського господарства.

Мідь (Cu) є порівняно малопоширеним елементом. Основними джерелами надходження міді в поверхневі води вважаються гірські породи, стічні води підприємств хімічних та металургійних виробництв, шахтні води, різні реагенти, що містять мідь, а також стічні води з сільськогосподарських угідь [16-18].

Характерна особливість поведінки міді в природних водах – сильно виражена здатність сорбуватись високодисперсними завислими частинками ґрунтів і порід.

Марганець (Mn) у вільному вигляді в природі не зустрічається. Входить до складу великої кількості мінералів, переважно оксидів. Основним джерелом надходження марганцю у поверхневі води є залізо марганцеві руди та деякі мінерали, стічні води марганцевих збагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості, шахтні води. Значна кількість марганцю потрапляє при відмиранні і розкладанні гідробіонтів. У природних водах його вміст коливається від одиниць до десятків і навіть сотень мікрограмів в 1 дм³ [16-18].

Хром (Cr) відноситься до елементів, необхідних в мікроконцентраціях для цілої низки живих організмів. Разом з тим, у великих концентраціях він є небезпечним. Щодо якості води, підвищений вміст даного металу викликає її погіршення (втрачається колір, смак, змінюється іонний склад).

В поверхневих водах досліджуваних річок з важких металів наявне лише залізо (рис.3.10).

р. Хаджидер с. Чистоводне. У даній роботі наведений середній річний вміст заліза у поверхневих водах за період 2013-2021рр.. Найменші концентрації заліза, за період виконаних досліджень були зафіксовані у 2021 р. і становили 0,05 мг/дм³, найбільші – у 2013 р. – 0,25 мг/дм³.

р. Хаджидер с. Сергіївка. Вміст заліза в воді досліджуваного посту змінюється від 0,1 мг/дм³ в 2014 та 2018 роках до 0,21 мг/дм³ в 2021 році. Перевищення ГДК рибогосподарського призначення (0,1 мг/дм³) відзначалося у 80% відібраних проб.

р. Алкалія с. Широке Характеризуючи вміст заліза за роки дослідження можна відзначити, найменші концентрації заліза були зафіксовані у 2015 р. і становили 0,1 мг/дм³, найвищі – у 2021р. – 0,38 мг/дм³. Перевищення ГДК у всі роки, крім 2015 року.

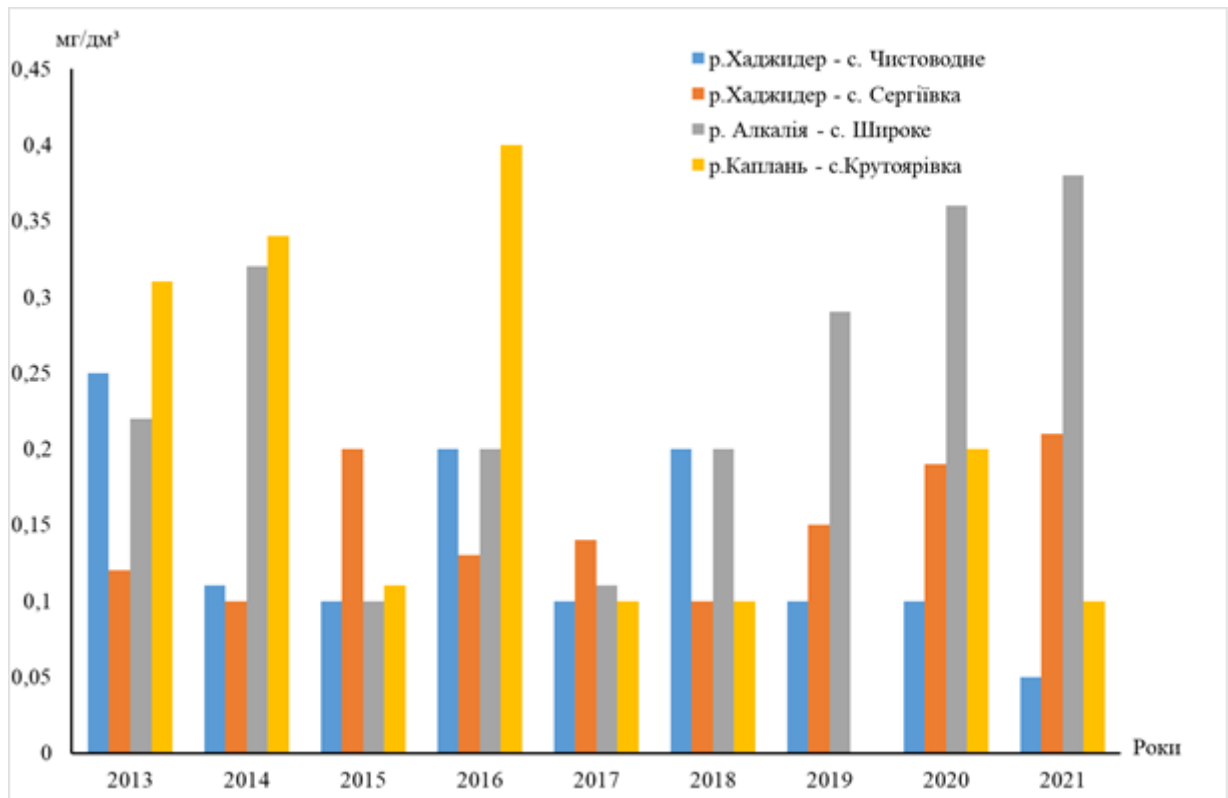


Рисунок 3.10 – Середньорічна концентрація важких металів у воді досліджуваних річок за період 2013-2021 рр., мг/дм³

р. Каплань с. Крутоярівка. Вміст заліза у воді річки Каплань за період 2013-2021 рр. коливався в межах від 0,1 мг/дм³ до 0,2 мг/дм³. Середнє значення за досліджуваний період середніх річних концентрацій заліза становило 0,15 мг/дм³. Перевищення ГДК рибогосподарського призначення (0,1 мг/дм³) відзначалося у 2015 та 2021 році - 0,2 мг/дм³.

Серед забруднюючих речовин найбільш поширеними є нафтопродукти та СПАР.

Нафта і продукти її промислової переробки (автомобільне та дизельне паливо, газ, мастила, мазут тощо) відносяться до найбільш поширених і небезпечних речовин, які забруднюють поверхневі води. Ці речовини являють собою дуже складну і непостійну суміш органічних сполук, до якої входять низько – і високомолекулярні насичені і ненасичені аліфатичні, нафтонові, ароматичні вуглеводні, кисневі, азотисті, сірчанисті органічні сполуки, ненасичені гетероциклічні речовини типу смол, асфальтенів,

ангідридів, асфальтенових кислот. Незважаючи на те, що загалом нафтопродукти характеризуються незначною розчинністю у воді, окремі їх складові, особливо ароматичні сполуки, мають достатньо високу розчинність до 100 мг/дм^3 [16-18].

Встановлені для нафтопродуктів ГДК на порядки менші їх розчинності і складають $0,3 - 0,05 \text{ мг/дм}^3$ в залежності від їх виду. Потрапляння їх у поверхневі води навіть у невеликих кількостях здатне призвести до забруднення великих об'ємів води та зробити її непридатною до питного водопостачання. Аналізуючи дані щодо наявності і вмісту НП у водах досліджуваних об'єктів, слід відзначити, що в їх концентраціях не спостерігаються сезонні коливання [16-18].

Середньорічні концентрації нафтопродуктів на постах перевищували ГДК лише у трьох випадках, на інших постах ситуація була дещо кращою. Однак перевищення у пробах на кожному з постів були зафіксовані неодноразово.

На відміну від нафтопродуктів наявність СПАР у річкових водах характеризується достатньою постійністю. СПАР представляють собою велику групу сполук, різних за своєю структурою, що відносяться до різних класів. Ці речовини здатні адсорбуватися на поверхні розділу фаз і знижувати внаслідок цього поверхневу енергію (поверхневий натяг). У залежності від властивостей, які проявляються СПАР при розчиненні у воді, їх ділять на аніоноактивні речовини (активною частиною є аніон), катіоноактивні (активною частиною молекул є катіон), амфолітні і неіоногенні, які зовсім не іонізуються. У водні об'єкти СПАР надходять в значних кількостях з господарсько-побутовими (використання синтетичних миючих засобів в побуті) і промисловими стічними водами (текстильна, нафтова, хімічна промисловість, виробництво синтетичних каучуків), а також зі стоком з сільськогосподарських угідь (в якості емульгаторів входять до складу інсектицидів, фунгіцидів, гербіцидів та дефоліантів) [16-18].

Головними чинниками зниження їх концентрації є процеси біохімічного окислення, сорбція зваженими речовинами і донними відкладеннями. Ступінь біохімічного окислення СПАР залежить від їх хімічної будови та умов навколишнього середовища. Потрапляючи у водойми і водотоки, СПАР роблять значний вплив на їх фізико-біологічний стан, погіршуючи кисневий режим і органолептичні властивості, і зберігаються там довгий час, тому що розкладаються дуже повільно. Негативним, з гігієнічної точки зору, властивістю СПАР є їх висока піноутворююча здатність. Хоча СПАР не є високотоксичними речовинами, є відомості про непрямий їх вплив на гідробіонтів [6,9]. ГДК рибогосподарське СПАР встановлено на рівні $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Перевищення у пробах цього нормативу на річках спостерігалось на всіх пунктах, найвищі показники були на р. Хаджидер в с. Сергіївна у 2016 році $-1,08 \text{ мг/дм}^3$, де перевищення ГДК складає більше 10 разів.

Стосовно розподілу забруднення поверхневих вод СПАР у часі можна відзначити, що найбільші концентрації цих речовин спостерігаються під час весняного водопілля та літньо-осінніх паводків, що напевно пов'язано із зливом забруднюючих речовин з прилеглих територій та з певними особливостями їх застосування і деякою мірою з температурним режимом [16-18].

4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДОСЛІДЖУВАНИХ РІЧОК

4.1 Основні методи оцінки якості поверхневих вод

Для оцінки якості води поверхневих водойм використовують індекс забруднення води (ІЗВ) [16,18, 21,22]. Перевага ІЗВ полягає в тому, що він дозволяє порівняти якість води в різних річках між собою, навіть якщо в них наявні різні забруднювальні речовини, дозволяє виявляти тенденцію зміни якості води впродовж низки років. Індекс забруднення для поверхневих вод розраховується лише за певною кількістю показників. За результатами аналізів кожного з показників виводиться середньоарифметичне значення. Кількість показників, які беруться для розрахунку ІЗВ, дорівнює шести й охоплює розчинений кисень (O_2), біохімічне споживання кисню ($БСК_5$), амоній (NH_4^+), нітрити (NO_2^-), нафтопродукти (НП), феноли (C_6H_5OH). На відміну від інших показників, для розчиненого кисню при розрахунках ІЗВ береться співвідношення нормативу ($ГДК_i$) до реальної концентрації (C_i). Розрахунок ІЗВ здійснюється за формулою

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (4.1)$$

Для того, щоб порівняти якість вод у різних створах, визначити їх динаміку, використовують в якості критеріїв класи якості води.

До I класу належать води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Значення їх показників забруднення води (ІЗВ) близькі до природних значень даного регіону. Для вод II класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги. До III класу належать води, які перебувають під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. Води IV–VII класів відносять до вод із порушеними екологічними

параметрами. Критерії оцінки якості вод за ІЗВ для поверхневих вод наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 Критерії оцінки якості вод за ІЗВ для поверхневих вод

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

Модифікований ІЗВ розраховується теж за шістьма показниками: біохімічне споживання кисню (BCK_5) та розчинений кисень (O_2) є обов'язковими, а інші чотири показники беруть за найбільшим відношенням до ГДК з переліку: SO_4 , Cl^- , $\tilde{O}\tilde{N}\tilde{E}$, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , $Fe_{\text{заг}}$, Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , As^{3+} , нафтопродукти (НП), синтетичні поверхневі активні речовини (СПАР).

Для узагальненої оцінки стану поверхневих вод і для виявлення можливих тенденцій у зміні їх якості здійснюється оцінка рівня забрудненості за коефіцієнтом забруднення. Коефіцієнт забрудненості (КЗ) [5,7,22] є узагальненим показником, що характеризує рівень забрудненості сукупно за низкою показників якості води, які багаторазово виміряні у кількох пунктах (створах) спостережень водних об'єктів. Величина КЗ характеризує кратність перевищення нормативів у частках ГДК. Будь-які значення КЗ, що одиницю, свідчать про порушення чинних норм. Тотожність КЗ одиниці означає, що для даного водного об'єкта всі нормовані показники якості води в усіх пунктах (створах) спостережень при всіх вимірюваннях

протягом досліджуваного періоду відповідають чинним нормам якості води. Значень, менших за одиницю, коефіцієнт забрудненості набувати не може. Оскільки водний об'єкт призначено для кількох видів водокористування, то під час розрахунку КЗ слід враховувати ті нормативи, які висувають найбільш високі вимоги до якості води. Зазвичай, такими є нормативи якості води для водойм рибогосподарського призначення.

Значення КЗ розраховуються за формулами:

$$\gamma = 0,1 \sum_{i=1}^{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} \gamma_{ijn} \right); \quad (4.2)$$

$$\gamma_{ijn} = \begin{cases} \frac{C_{ijn}}{ГДК_i}, & \text{якщо } ГДК_i \text{ порушено } (C_{ijn} > ГДК_i), \\ 1, & \text{якщо } ГДК_i \text{ задовольняє } (C_{ijn} \leq ГДК_i), \end{cases} \quad (4.3)$$

де i , 10 – порядковий номер і загальна кількість контрольованих показників;
 j , J – порядковий номер і загальна кількість пунктів (створів) спостережень;
 n , N_{ij} – порядковий номер і загальна кількість вимірювань i -го показника в j -му пункті (створі) за період часу, що аналізують (квартал, рік, тощо);
 N_i – загальна кількість вимірювань i -го показника в усіх пунктах (створах) спостережень;

γ_{ijn} – кратність перевищення ГДК при n -му вимірюванні i -го показника у j -му пункті (створі) спостережень.

Значення КЗ розраховується тільки для десяти показників. До складу цих показників входять ті показники, що найбільшою мірою перевищують значення ГДК. У разі, якщо кількість показників, що перевищують ГДК, менша десяти, у формулі (4.2) значення величин γ_{ijn} для решти показників приймається таким, що дорівнює одиниці. Для деяких речовин нормативи

вимагають повної їх відсутності у природних водах. Для кожного із них у формулі (4.3) замість $ГДК_i=0$ необхідно підставляти те значення концентрації, яке ще може бути виявлене за найбільш чутливою методикою вимірювання даної речовини, тобто найменший із порогів його виявлення. Наведені формули застосовують для тих показників якості води, для яких ГДК задає верхню допустиму границю. Якщо ж нормується нижня границя (наприклад, для розчиненого кисню і водневого показника рН), то в разі їх порушення розрахунок кратності перевищення (γ_{ijn}) ведеться за такими формулами:

$$\gamma_{ijn} = \begin{cases} 1 & \text{при } C_{ijn} \geq ГДК_i \\ 1 + 9 \frac{ГДК_i - C_{ijn}}{ГДК_i - ВЗ_i} & \text{при } ВЗ_i \leq C_{ijn} < ГДК_i \\ 10 + 90 \frac{ВЗ_i - C_{ijn}}{ВЗ_i - ЕВЗ_i} & \text{при } C_{ijn} < ВЗ_i \end{cases} \quad (4.4)$$

Для розчиненого у воді кисню значення ВЗ (високе забруднення) та ЕВЗ (екстремально високе забруднення) згідно з додатком 2 ЄМК („Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод”), дорівнюють 3 мг/дм³ та 2 мг/дм³. Для рН до встановлення критеріїв ВЗ та ЕВЗ можна використовувати у формулі (4.4) значення ВЗ_i=6 од. рН та ЕВЗ_i=4 од. рН. Методика дає можливість підрахувати загальний КЗ для водного об'єкта чи ділянки і узагальнені характеристики забрудненості за одним показником по всій ділянці (γ_i) і за всіма показниками для будь-якого створу (γ_i):

$$\gamma_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} \gamma_{ijn} , \quad (4.5)$$

$$\gamma_j = \frac{1}{I_j} \sum_{i=1}^{I_j} \left(\frac{1}{N_{ij}} \sum_{n=1}^{N_{ij}} \gamma_{ijn} \right), \quad (4.6)$$

де I_j – кількість показників якості води, що виміряні у j -му створі. Отримані числові значення КЗ дозволяють оцінити стан води за рівнями забрудненості. Показники забрудненості вод за коефіцієнтом забрудненості наведено у табл.4.2.

Таблиця 4.2 Показники забрудненості вод за коефіцієнтом забрудненості

Значення КЗ	1	1,01-2,50	2,51-5,00	5,01-10,0	Більше 10
Рівень забрудненості	Незабруднені (чисті)	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні

Для оцінки якості поверхневих вод досліджуваних об'єктів ми використовували саме ці методики і за результатами розрахунків проводили дослідження якості води.

Для всіх досліджень ми брали проби води, які були надані лабораторією відокремленого підрозділу Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю «Причорноморський центр водних ресурсів та ґрунтів» за період з 2013 по 2021 роки. Гідрохімічні проби відбиралися на таких постах: р. Хаджидер с. Сергіївка та с. Чистоводне, р. Алкалія с. Широке, р Каплань с. Крутоярівка.

4.2 Оцінка якості води за ІЗВ модифіковане

В наших дослідженнях ми проводили оцінку якості води за методикою для ІЗВ модифікований, яка, на нашу думку, краще охарактеризує якісний стан поверхневих вод в досліджуваних об'єктах. Дослідження проводилися

за період з 2013 по 2021 роки на постах р. Хаджидер с. Сергіївка та с. Чистоводне, р. Алкалія с. Широке та р Каплань с. Крутоярівка.

Для дослідження якості води у цих пунктах за методикою модифікованого ІЗВ були обрані показники за найбільшим відношенням до ГДК, а саме: азот амонійний, сульфати, СПАР, хімічне споживання кисню (ХСК) та два обов'язкових: розчинений кисень (O_2), біохімічне споживання кисню ($БСК_5$).

Для розрахунків були обрані показники ГДК рибогосподарського призначення, як найбільш вимогливі.

Були проведені розрахунки за формулою 4.1, а отримані значення ІЗВ модифікованого занесені до табл. 4.3. За отриманими значеннями ІЗВ модифікованого та за даними табл. 4.1 був встановлений клас якості води, що характеризує наявність забруднюючих речовин у досліджуваних об'єктах.

Отримані результати за всіма показниками, обраними за методикою та на всіх постах дослідження за період з 2013 по 2021 рр. наведені в табл. 4.3.

Аналізуючи дані табл. 4.3 можна зазначити, в р. Хаджидер с. Чистоводне значення ІЗВ модифікованого змінюються від 0,82 у 2014 році (вода відноситься до другого класу чиста) до 2,7 у 2021 році (вода відноситься до четвертого класу якості забруднена).

А ось в пункті с. Сергіївка р. Хаджидер за значенням ІЗВ модифікованого вода має гіршу якість і змінюється від 2,07 (третій клас забруднення помірно забруднена) у 2014 році до 3,72 (четвертий клас якості - забруднена) у 2019 році. Також можна відзначити значну кількість років, де якість води відноситься до четвертого класу якості – забруднена.

Якість води в р. Алкалія с. Широке змінюється від 0,84 (вода відноситься до другого класу чиста) 2016 рік до 6,74, що відповідає шостому класу – дуже брудна у 2013 році.

Дуже забруднені води також і р. Каплань с. Крутоярівка. Тут за отриманими значеннями ІЗВ модифікованого клас якості води відповідає

третьому класу помірно забруднена в 2013, 2014, 2015, 2016 та 2019 і 2021 роках, а також є четвертий клас якості забруднена в 2017 та 2018 роках, що відповідає значенню 2,69 та 2,77 відповідно. Та, на жаль, є також і поверхневі води гіршої якості у 2020 році за значенням індексу забруднення модифікованим 4,5, що відповідає п'ятому класу – брудна.

Таблиця 4.3 – Розрахунки індексу забруднення вод (ІЗВ) за постами дослідження за період 2013-2021 рр.

Рік	р. Хаджидер с. Чистоводне		р. Хаджидер с. Сергіївка		р. Алкалія с. Широке		р. Каплань с. Крутоярівка	
	ІЗВ	Клас якості води	ІЗВ	Клас якості води	ІЗВ	Клас якості води	ІЗВ	Клас якості води
2013	0,89	II	2,23	III	6,74	VI	1,10	III
2014	0,82	II	2,07	III	4,62	V	1,44	III
2015	2,10	III	3,19	IV	1,62	III	1,42	III
2016	1,14	III	3,06	IV	0,84	II	1,48	III
2017	0,89	II	2,48	III	1,64	III	2,69	IV
2018	1,56	III	3,63	IV	1,58	III	2,77	IV
2019	0,95	II	3,72	IV	3,12	IV	1,63	III
2020	0,86	II	3,15	IV	2,70	IV	4,50	V
2021	2,70	IV	3,22	IV	3,53	IV	1,84	III

Отримані результати по досліджуваних об'єктах підтверджуються на графіку рис.4,1, що показує динаміку значень ІЗВ модифікованого за досліджуваний період та обраних об'єктах дослідження.

Як видно з графіку у 2020 році відзначається найбільше значення ІЗВ модифікованого за весь досліджуваний період для р Каплань с. Крутоярівка з подальшим зниженням забруднення, що можна пояснити наявністю разового викиду забруднюючої речовини, що і призвело до таких показників.

Для того, щоб надати більш точну та правильну оцінку якості в досліджуваних річках нами була розрахована повторюваність класів забруднення для кожного досліджуваного об'єкту за період 2013- 2021 роки.

В табл. 4.4 надано відсоток кожного класу забруднення за досліджуваний період при порівнянні якого можна сказати, а який відсоток найбільший і відзначити для якого класу відносяться поверхневі води того чи іншого об'єкту для того, щоб можна було відзначити які заходи необхідно провести для покращення стану поверхневих вод.

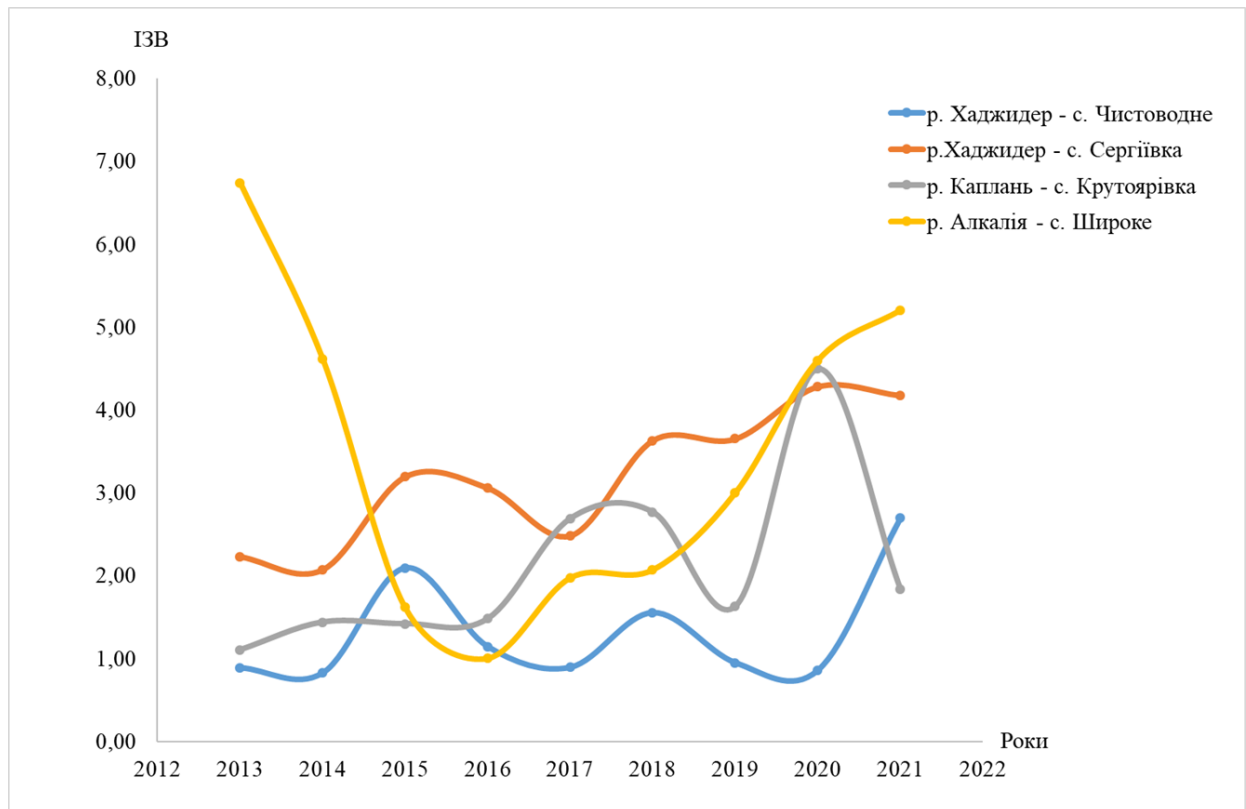


Рисунок 4.1 – Динаміка середньорічних значень ІЗВ модифікованого на досліджуваних річках за період з 2013 по 2021 роки.

За розрахунками ІЗВ модифікованого отримані такі результати (табл. 4.4). Річка Хаджидер (довжина річки - 94 км, площа водозбору 894 км²) в пункті відбору с. Чистоводне має таку якість поверхневих вод: чиста 55,6 %, помірно забруднена – 33,3 %, забруднена – 11,1%, а ось в пункті відбору проб с. Сергіївка якість води гірша тут уже є значний відсоток 66,7 поверхневих вод, що відносяться до забруднених та 33,3 % до помірно забруднених.

Річка Алкалія (довжина річки - 67 км, площа водозбору 653 км²) – належить до водойм Причорномор'я і бере початок в Молдові в пункті с. *Широке* має такі дуже мінливі за якістю поверхневі води: 11,1 % - води чисті у 2016 році, 33, 3 % вод помірно забруднених у 2015, 2017 та 2018 роках, є також 33,3 % вод забруднених у 2019,2020 та 2021 роках, але найгірше те, що присутні води брудні 11,1 % у 2014 році та навіть дуже брудні 11,1 % у 2013 році.

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку ІЗВ модифікованого на досліджуваних річках за період 2013 – 2021 рр.

Місце водного об'єкту	Класифікація по ІЗВ	
	Клас забруднення	Кількість випадків, %
р. Хаджидер с. Чистоводне	II	55,6
	III	33,3
	IV	11,1
р. Хаджидер с. Сергіївка	III	33,3
	IV	66,7
р. Алкалія с. Широке	II	11,1
	III	33,3
	IV	33,3
	V	11,1
	VI	11,2
р. Каплань с. Крутоярівка	III	66,7
	IV	22,2
	V	11,1

Поверхневі води р. *Каплань* (довжина річки - 42 км, площа водозбору 276 км²) і бере початок в Молдові мають значний відсоток, аж 66,7 вод помірно забруднених, 22,2% - забруднених та 11,1 % брудних.

Підсумовуючи проведені дослідження можна відзначити, що води всіх досліджуваних річок в основному мають найвищий відсоток вод, що відносяться до III класу, а до нього належать води, які перебувають під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості

екосистем. Дуже важливим є те, що є також води IV–V класів характерні для вод із порушеними екологічними параметрами [21, 22].

Найбільше забруднення у досліджуваних об'єктах відбувається за наявності таких забруднювачів, як азот амонійний, що свідчить про забруднення біогенними елементами, а хімічне споживання кисню (ХСК) про забруднення органічними речовинами. Наявність цих елементів дуже висока, а при порівнянні з ГДК рибогосподарського призначення перевищує його в десятки разів. Оскільки всі досліджувані річки є транскордонними, то можна зазначити, що забруднення надходить з території Молдови [23 -24].

Головною причиною забруднення поверхневих вод цими елементами є недостатній рівень очистки стічних вод, що надходять від комунальних, промислових та сільськогосподарських точкових джерел, та з поверхневим стоком з території сільськогосподарських угідь.

4.3 Оцінка якості води за коефіцієнтом забруднення (КЗ)

Для більш точної оцінки якості води ми вирішили провести розрахунки коефіцієнта забруднення КЗ. Всі розрахунки проводились за методикою, яка була надана раніше. Розрахунки проводилися за тими ж постами на досліджуваних річках, що і розрахунки ІЗВ модифікованого. Для розрахунків, відповідно до методики, необхідно використовувати десять елементів, що найбільше перевищують ГДК. В наших дослідженнях ми брали для розрахунків такі елементи: сульфати, хлориди, азот амонійний, азот нітритів, азот нітратів, фосфати, БСК₅, ХСК, залізо загальне та СПАР. Практично всі ці елементи мають значне перевищення значень ГДК рибогосподарського призначення.

Для всіх досліджуваних річок були проведені розрахунки коефіцієнта забруднення (КЗ), які наведені в таблицях додатків Б1 – Б4. отримані кінцеві результати наведені в табл.4.5.

Як видно із таблиці 4.5 найвищі показники коефіцієнта КЗ притаманні р. Хаджидер с. Сергіївка, де середнє значення за роки дослідження становить 7,09 і відповідає рівню забрудненості поверхневих вод – брудні. Найгірша за якістю вода була у 2017 році, коли КЗ сягнув 13,42, що відповідає ступеню забруднення – дуже брудні. Високий ступінь забруднення можна відзначити у 2021 році, 2016 році та 2019 році, де КЗ склав відповідно 9,12, 7,50 та 7,21, а ступінь забруднення поверхневих вод відповідає значенню брудні.

Таблиця 4.5 – Результати розрахунку КЗ за досліджуваний період 2013 – 2021 рр.

Водний об'єкт	Значення КЗ по рокам									Середній рівень забрудненості вод
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
р. Хаджидер с. Чистоводне	3,12	2,37	4,26	2,77	4,78	3,05	2,80	5,01	3,12	3,47 Помірно забруд.
р. Хаджидер с. Сергіївка	5,22	5,18	4,82	7,50	13,42	4,83	7,21	6,48	9,12	7,09 Брудні
р. Каплань с. Крутоярівка	7,50	8,49	3,20	5,29	7,17	6,79	5,07	4,35	3,58	5,72 Брудні
р. Алкалія с. Широке	5,10	6,27	1,57	1,98	2,38	4,22	5,53	6,02	7,22	4,48 Помірно забруд.

Високе забруднення поверхневих вод можна відзначити також для р. Каплань с. Крутоярівка, де середнє значення КЗ за період дослідження складає 5,72 і має категорію брудні. Значна ступінь забруднення притаманна 2013 та 2017 роках, де КЗ становив 7,50 та 7,17, характеризуючи води категорії брудні.

Трохи менше забруднення мають поверхневі води р. Алкалії с. Широке з середнім значенням КЗ 4,48, що відносить води до категорії забруднення – помірно забруднені, але є роки 2021, 2014, 2013 та 2020, коли КЗ сягав відповідно 7,22, 6,27, 6,10 та 6,02., коли поверхневі води мали категорію брудні.

Найчистішими, за нашими розрахунками, можна вважати води р. Хаджидер с. Чистоводне, де середнє значення КЗ за роки дослідження складає 3,47 – помірно забруднені. За весь період дослідження лише один рік 2020 має КЗ 5,01, що відповідає категорії вод брудні і один рік 2014 з КЗ 2,37, що має категорію – слабо забруднені води., що і підтверджується графіком, рис.4.2.

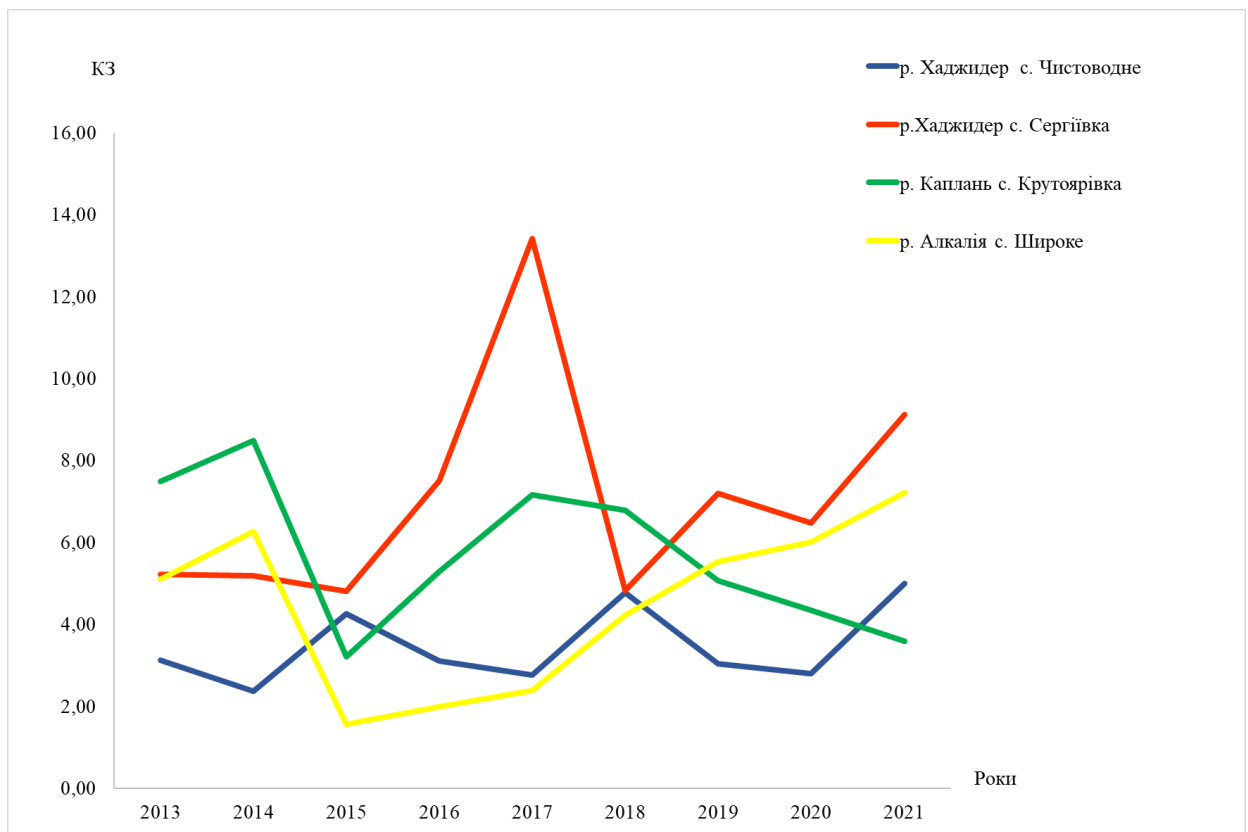


Рисунок 4.2 – Динаміка КЗ на досліджуваних річках за період 2013-2021рр.

Як видно з графіку найвищі значення коефіцієнта забруднення можна віднести до р. Хаджидер с. Сергіївка з найбільшим значенням у 2017 році, що може свідчити про одноразовий викид забруднюючих речовин, але в подальшому забруднення знову збільшується і, можливо, при подальших дослідженнях можна буде визначити погіршення і якісного стану річки.

Графік також вказує і на значне забруднення р.Каплань с. Крутоярівка і, як видно з графіку, найвище значення КЗ також відноситься до 2017 року.

Але на кінець досліджуваного періоду на цій річці можна відмітити значне покращення якісного стану поверхневих вод річки.

Як видно з графіку найнижчі показники КЗ притаманні р. Хаджидер с. Чистоводне, хоч відмічається все ж таки деяке погіршення стану поверхневих вод на кінець досліджуваного періоду, про що і свідчить зростання показника КЗ.

Стосовно р. Алкалія с. Широке можна зазначити, що на початку досліджуваного періоду відмічалися значно нижчі значення КЗ, але в подальшому можна відмітити стабільне підвищення цього показника, а відповідно, і забруднення поверхневих вод річки.

Для більш детальної оцінки стану поверхневих вод досліджуваних річок нами були проведені розрахунки КЗ за середніми показниками за весь період дослідження. Вони наводяться в таблицях додатку Б5 – Б7.

Як видно з таблиці додатку Б5 значне забруднення в поверхневій воді річки поступає на посту с. Сергіївка, де вміст нітритів майже в 38 разів перевищує ГДК рибогосподарського призначення. Також тут відзначається значний вміст нітратів, що свідчить про забруднення біогенними елементами та БСК₅ та ХСК, що дозволяє нам відзначити забруднення органічними речовинами. Можна також звернути увагу на підвищений вміст заліза загального і свідчить про забруднення важкими металами та перевищення ГДК таким забрудником, як СПАР.

Відносно посту с. Чистоводне можна зазначити підвищений вміст всіх вище зазначених елементів, але найбільше забруднення спостерігається завдяки наявності великої кількості ХСК, що перевищує ГДК рибогосподарського призначення у 21 раз і свідчить про значне забруднення органічними речовинами.

Аналізуючи стан поверхневих вод в р. Каплань с. Крутоярівка, додаток Б6, можна зазначити значне забруднення біогенними елементами з найвищим показником нітритів, що майже в 34 рази перевищує ГДК рибогосподарського призначення. Можна відмітити і забруднення

органічними речовинами, де вміст БСК₅ в 6 разів перевищує ГДК рибогосподарського призначення, і забруднення важкими металами і наявністю забруднюючої речовини СПАР, що в 3, 14 рази перевищує ГДЕ рибогосподарського призначення.

Відносно якісного стану поверхневих вод р. Алкалія с. Широке (дод.Б7) можна сказати, як про біогенне забруднення, де наявність нітратів перевищує значення ГДК рибогосподарського призначення більше, ніж 12 разів, а також про забруднення органічними речовинами з перевищенням ГДК рибогосподарського призначення більш, ніж 16 разів таким показником, як БСК₅. Можна відмітити також і забруднення важкими металами зі значним вмістом заліза загального, і наявність такої забруднюючих речовини, як СПАР, що в 4 рази перевищує значення ГДК.

4.4 Порівняння оцінок якості води за різними методиками

Для порівняння оцінок якості поверхневої води на пунктах спостереження згідно до програми моніторингу поверхневих вод затвердженою Державним агентством водних ресурсів України на р. Хаджидер - с. Чистоводне, р. Хаджидер - с. Сергіївка, р. Каплань - с. Крутоярівка та р. Алкалія - с. Широке використовувалася методика оцінки якості води за гідрохімічним індексом забруднення води (ІЗВ) та методика визначення показників забрудненості вод за коефіцієнтом забрудненості (КЗ). Порівняльні графіки оцінки якості води за різними методиками поверхневих водах наведені на рис. 4.3 – 4.6.

На кожній гістограмі ми наносили отримані результати за ІЗВ та отримані результати за КЗ.. В цьому випадку їх можна порівняти і зрозуміти, що потрібно обрати для кращого висвітлення стану води і що нам потрібно обирати.

Як видно з рис.4.3 за весь час дослідження найвищими були ті показники, що відносилися до ІЗВ модифікованого. Найгірша за своїм

станом вода в 2021 р. і за розрахунками ІЗВ и за розрахунками КЗ. Що може свідчити про посилення забруднення в кінці досліджуваного періоду. Але, якщо розглядати за всіма періодами дослідження, то можна сказати, що вони синхронні, тобто якщо збільшується забруднення по ІЗВ, то воно збільшується і по КЗ.

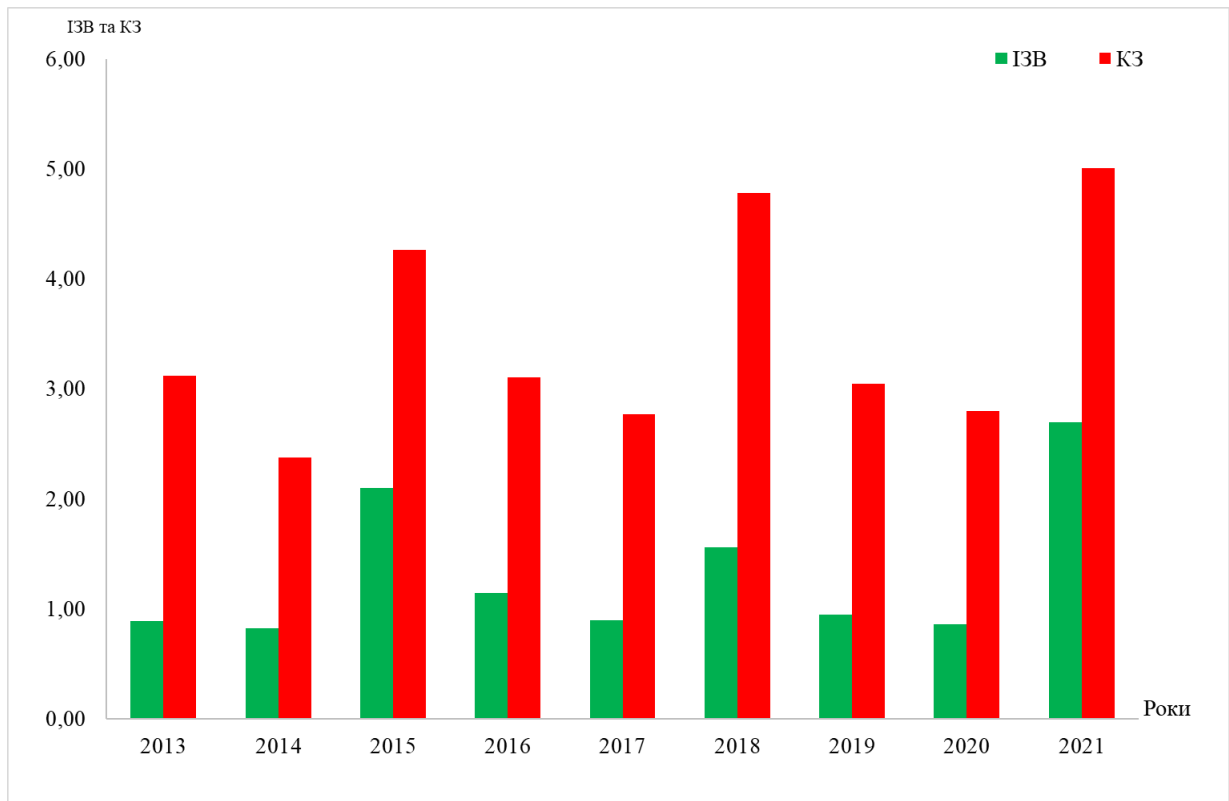


Рисунок 4.3 – Графік оцінки стану води за ІЗВ модифікованим та КЗ на р. Хаджидер – с. Чистоводне за досліджуваний період

Оцінюючи дані рис.4.4, можна зазначити, що в 2017 р. відбувся значний викид забруднюючої речовини, який в подальшому знову повторився у 2021.

Також можна зазначити більші значення отриманих результатів для ІЗВ. То чому ж тоді нижчі цифри результатів, отриманих за КЗ, як це пояснити? На нашу думку тут великого значення набуває кількість елементів, що розглядаються. В випадку ІЗВ їх розглядається 6, а для розрахунків КЗ

завжди тільки 10. Можна додати, що з такою кількістю елементів, що розглядаються, оцінка буде детальнішою

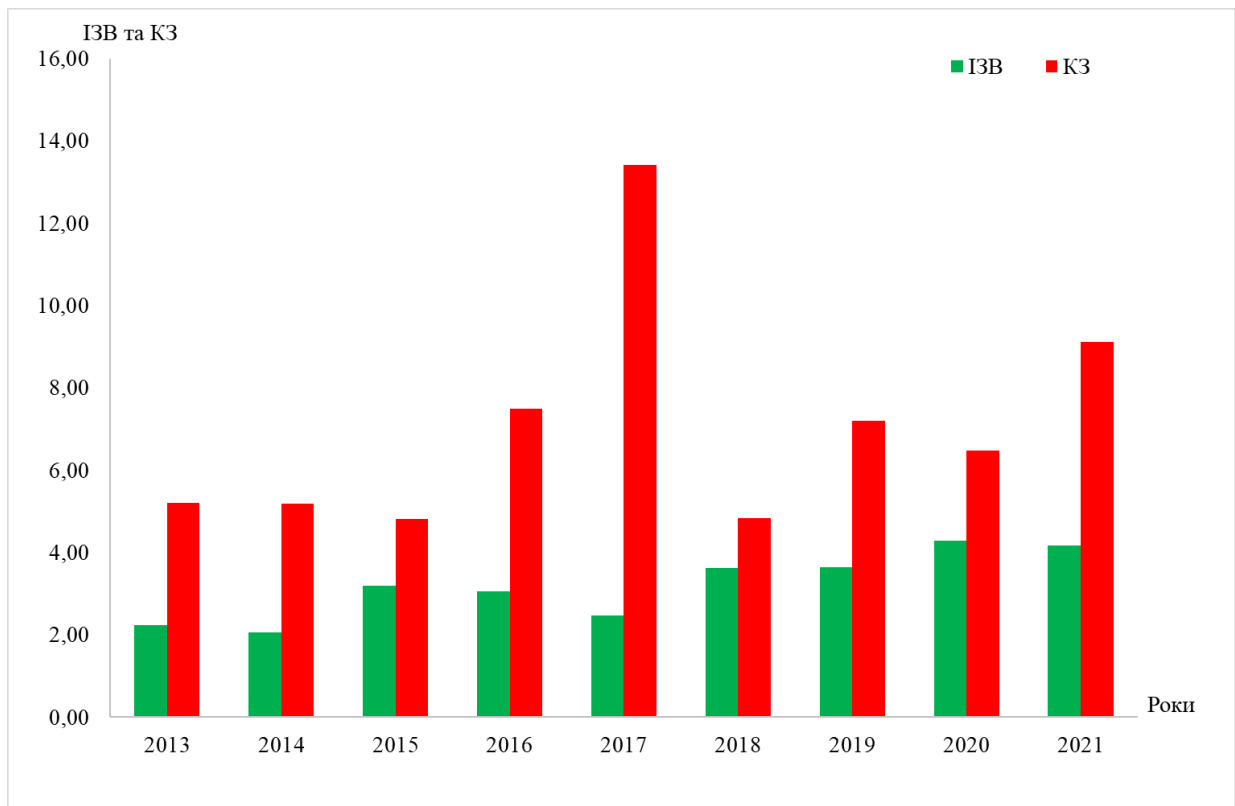


Рисунок 4.4 – Графік оцінки якості води за ІЗВ та КЗ на р. Хаджидер – с. Сергіївка за досліджуваний період

Наступним ми розглядали стан поверхневих вод на р. Алкалія - с. Широке, рис. 4.5. Високі отримані значення, як за ІЗВ та і за КЗ свідчать про значне забруднення цієї річки. Але все ж таки можна відзначити, що отримані результати за ІЗВ вищі, крім 2013 р. І знову ж таки, на жаль, можна зазначити значне збільшення забруднення на кінець досліджуваного періоду, про що і свідчать високі значення отриманих результатів.

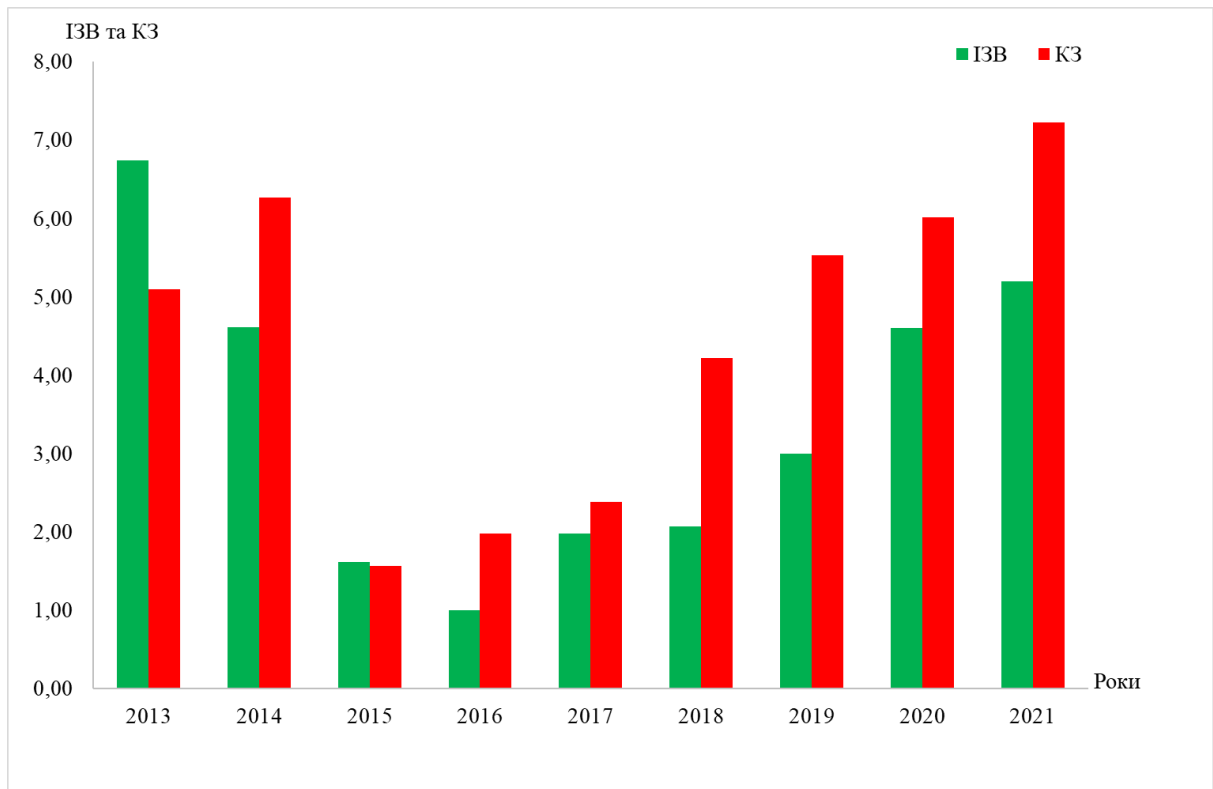


Рисунок 4.5 – Графік стану води за ІЗВ та КЗ на р. Алкалія – с. Широке за досліджуваний період

Трохи іншу картину ми спостерігаємо при розгляді стану поверхневих вод на р. Каплань - с. Крутоярівка, рис. 4,6 Звісно в цьому випадку також можна відмітити вищі значення, отримані за ІЗВ, крім 2020 р. Але тут ми бачимо поступову тенденцію до покращення стану води, про що і свідчать менші значення отриманих результатів за обома напрямками.

Підсумовуючи результати можна зазначити, що в усіх наших дослідженнях отримані результати за ІЗВ вищі. Як уже зазначалося раніше, на нашу думку, це пов'язане з кількістю досліджуваних елементів в ІЗВ та КЗ. Оскільки в останньому випадку їх досліджується більше, то вони краще характеризують стан поверхневих вод і ми можемо рекомендувати в основному у досліджуваних річках використовувати КЗ. Але, якщо стан води необхідно визначити дуже оперативно, в разі аварії чи за інших причин, то тоді звісно краще використати ІЗВ.

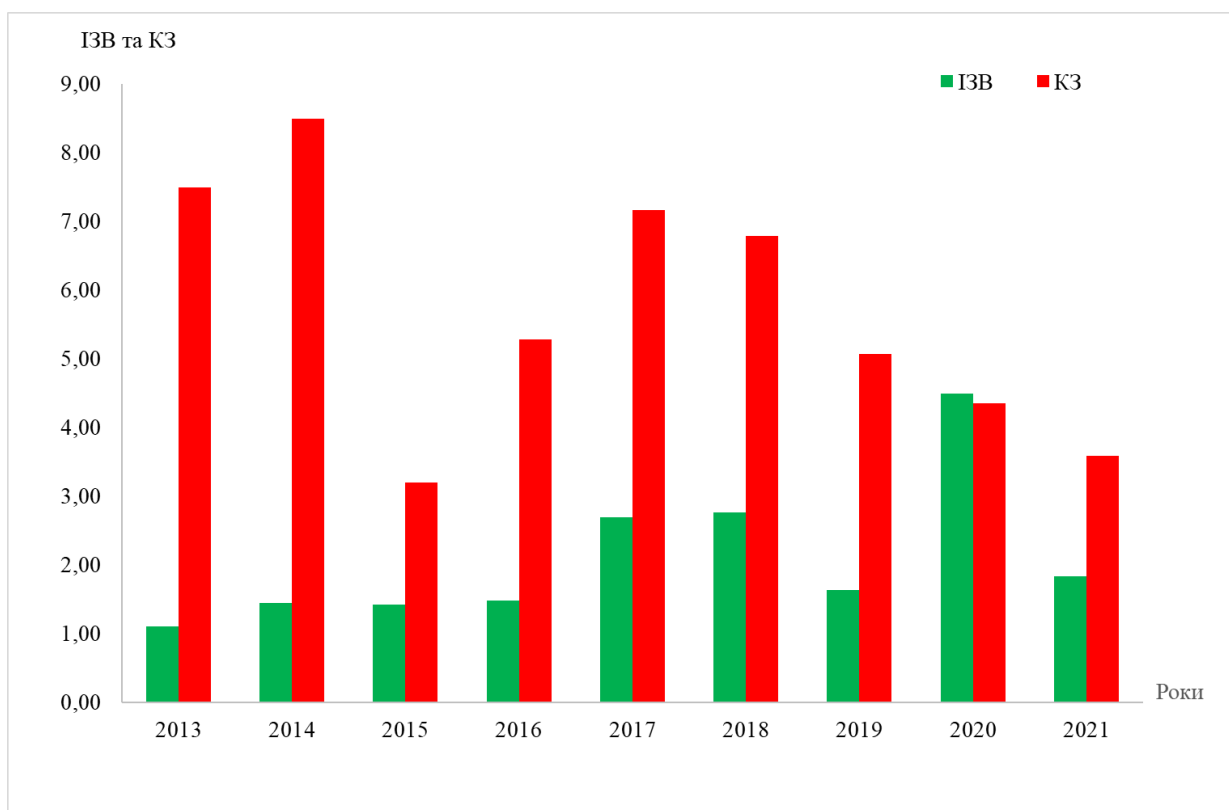


Рисунок 4.6 – Графік оцінки якості води за ІЗВ та КЗ на
р. Каплань – с. Крутоярівка за досліджуваний період

Загалом стан досліджуваних річок поганий, про що і свідчать отримані результати, навіть можна відзначити тенденцію до його погіршення на р. Алкалія - с. Широке та Хаджидер - с. Чистоводне на кінець досліджуваного періоду. Тому можна рекомендувати подальші дослідження і спостереження за станом цих річок, обговорюючи цей напрямок зі спеціалістами сусідньої республіки Молдова так, як виток цих річок знаходиться там. Можливо необхідно розробити необхідні заходи для покращення стану та збереження малих річок цього регіону.

ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження наданих моніторингових даних дозволяють зазначити, що значний вплив на формування гідрохімічного режиму досліджуваних річок чинять такі фактори: засолені ґрунтові материнські породи, посушливий клімат і значне антропогенне навантаження.

2. Мінералізація води досліджуваних річок є досить значною, зумовлено це в першу чергу характером підземного живлення в якому беруть участь ґрунтові води сульфатно-кальцієвого і сульфатно-натрієвого складу із загальною мінералізацією 3-10 г/дм³. На формування стоку хімічних речовин значний вплив здійснюють засолені материнські відклади, багаті солями NaCl і CaSO₄, які дренуються річковими водами, а також значний антропогенний вплив.

3. Можна також зазначити забруднення біогенними та органічними речовинами, яке за весь період дослідження залишається незмінним, що на сьогодні є однією з найважливіших екологічних проблем як для поверхневих вод України. так і для досліджуваних річок. Ці сполуки надходять до водних об'єктів зі стічними водами промислових підприємств, населених пунктів та через забруднення з сільськогосподарських угідь.

4. Оцінка якісного стану досліджуваних річок проводилася за ІЗВ модифікований та КЗ. Стосовно результатів в першому випадку можна зазначити значне забруднення в р. Хаджидер с. Сергіївка, де відсоток забруднених вод складає 66,7 та р. Алкалія с. Широке, де є навіть по 11% брудних та дуже брудних вод.

5. При аналізі розрахунків за КЗ найгірший стан поверхневих вод притаманний також р. Хаджидер - с. Сергіївка, де середнє значення цього коефіцієнта за досліджуваний період складає 7,09 і свідчить, що води брудні та р. Алкалія - с. Широке, де води також відносяться до брудних, а середнє значення КЗ – 5,72.

6. При цих розрахунках можна зазначити, що значний вплив на якість води мають показники ХСК та БСК₅, які свідчать про значне забруднення органічними речовинами, особливо показником ХСК, що перевищує ГДК рибогосподарського призначення у майже в 21 раз практично в усіх досліджуваних річках, слід відзначити забруднення біогенними елементами, особливо нітритами, що в р. Каплань - с. Крутоярівка майже в 34 рази перевищує ГДК рибогосподарського призначення.

7. В усіх досліджуваних річках можна відмітити також і забруднення важкими металами зі значним вмістом заліза загального, і наявність такої забруднюючих речовини, як СПАР, що в 4 рази перевищує значення ГДК в усіх досліджуваних річках.

8. При порівнянні результатів оцінки якості води за цими методиками можна зазначити, що в усіх наших дослідженнях отримані результати за ІЗВ вищі. Як уже зазначалося раніше, на нашу думку, це пов'язане з кількістю досліджуваних елементів в ІЗВ та КЗ. Оскільки в останньому випадку їх досліджується більше, то вони краще характеризують стан поверхневих вод і ми можемо рекомендувати в основному у досліджуваних річках використовувати КЗ. Але, якщо стан води необхідно визначити дуже оперативно, в разі аварії чи за інших причин, то тоді звісно краще використати ІЗВ.

9. Підсумовуючи проведені дослідження хочеться відзначити незадовільний стан поверхневих вод досліджуваних річок, що пов'язано в першу чергу з антропогенним впливом на їх водозбірні площі та недотриманням природоохоронних вимог.

Наші рекомендації стосуються проведення заходів, що зменшать антропогенний вплив на стан малих річок, суворе дотримання природоохоронних заходів, постійний і більш ретельний моніторинг їх гідрохімічного стану, невідкладна розробка всіх можливих заходів для покращення і оздоровлення екологічного стану цих річок обговорюючи цей напрямок зі спеціалістами сусідньої республіки Молдова так, як виток цих

річок знаходиться там. Зробити все можливе для збереження можливості їх експлуатації та навіть існування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хімко Р.В., Мережко О.І., Бабко Р.В. / Малі річки – дослідження, охорона, відновлення.- К.: Інститут екології. 2003. 380 с.
2. Поліщук В.В. Малі річки України та їх охорона. – К.: Тов. «Знання УРСР», 1988. 32 с.
3. Водний кодекс України (зі змінами та доповненнями, внесеними Законом України № 1190 ІІІ від 21.09. 2000).
4. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. К., 2006. 240 с.
5. Річний звіт з питань управління водними ресурсами басейну річок Причорномор'я за 2019 рік. БУВР річок Причорномор'я та Нижнього Дунаю. Одеса, 2020. 66 с.
6. Заставний Ф.Д. Фізична географія України / Ф.Д. Заставний. Львів: Обласний інститут освіти, 1996. 231 с
7. Швебс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України. Навчально-довідковий посібник. – Одеса, «Астропринт», 2003. 390 с.
8. Карти України (Електронний ресурс URL: <https://geomap.land.kiev.ua/> (дата звернення: 03.12.2021).
9. Чорноземи масивів зрошення Одещини: Монографія./ За науковою редакцією д-ра біол. наук, проф. Є.Н. Красехи та канд. геог.наук, доц. Я.М. Біланчина. Одеса: Одеський національний університет імені І.І. Мечнікова, 2016 р. -194 с.
10. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 234 с.
11. Гребінь В. В, Мокін В. Б., Стащук В. А., Хільчевський В. К., Яцюк М. В., Чунарьов О. В., Крижановський Є. М., Бабчук В. С., Ярошевич О.Є. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2013. 55 с.

12. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ланшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
13. Гребінь В. В, Мокін В. Б., Стащук В. А., Хільчевський В. К., Яцюк М. В., Чунарьов О. В., Крижановський Є. М., Бабчук В. С., Ярошевич О.Є. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2013. 55 с.
14. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2017 році. Одеська обласна державна адміністрація. департамент екології та природних ресурсів. Одеса, 2018. 270 с.
15. Осадча Н.М., Клебанова Н.С., Осадчий В.І., Набиванець Ю.Б. Адаптація системи моніторингу поверхневих вод державної гідрометеорологічної служби МНС України до положень водно рамкової директиви ЄС. Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. 2008. Випуск 257. С. 146-161.
16. Хільчевський В.К. Регіональна гідрохімія України: підручник / В.К. Хільчевський, Осадчий В.І., Курило С.М. Київ: ВПЦ "Київський університет", 2019. 343 с.
17. Хільчевський В.К, Осадчий В.І., Курило С.М. Основи гідрохімії. Київ: Ніка-Центр, 2012. 312 с.
18. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / В.І. Осадчий, Б.Й. Набиванець, П.М. Линник та ін. К.: Ніка-Центр, 2013. 240 с.
19. Khil'chevskiy V.K. Effect of agricultural production on the chemistry of natural waters: a survey. Hydrobiological Journal. 1994. 30(1). P. 82-93.
20. Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню (БСК5), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин та амонійного азоту) / Наказ Мінагрополітики України від 30.07.2012 № 471

21. Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем. К.: Ніка-Центр, 2006. 284 с.
22. Гідрохімія річок і водойм України: навчальний посібник /Ж.Р. Шакірзанова, Н.С. Кічук.: ОДЕКУ.- Одеса, 2019. 124 с.
23. Даус М. Є. Оцінка придатності води річки Хаджидер до використання у зрошенні (у межах Одеської області). *V-ий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю*, 23-26 вересня. Вінниця, 2015. 75 с.
24. Кущенко Д.П. Аналіз умов формування та характеристика гідрохімічного режиму малих річок межиріччя Дунай - Дністер: матеріали XXI конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету 23-31 травня 2022р., м. Одеса. Одеса, 2022. С. 207-209.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1. – Середньорічні значення мінералізації водних об'єктів за період 2013-2021 рр., мг/дм³

Роки	Пункти			
	р. Хаджидер с. Чистоводне	р. Хаджидер с. Сергіївка	р. Алкалія с. Широке	р.Каплань с. Крутоярівка
2013	1710,91	7547,61	4516,08	2125,2
2014	1669,67	5721,03	3293,96	2535,88
2015	1863,56	7033,75	3114,34	2342,85
2016	1874,64	5781,06	2928,80	2375,35
2017	1893,31	6402,32	3036,63	2314,52
2018	2360,21	3931,42	3274,37	2543,99
2019	1884,20	6480	3620	2622,60
2020	2260,23	5630	3821	3931,24
2021	2664,10	3835	3254	2762,56

Таблиця А.2 – Середньорічна концентрація головних іонів у воді р. Хаджидер - с. Чистоводне за період 2013-2021рр., мг/дм³

Рік	Гідрокар- бонати	Сульфати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій	Калій
2013	439,20	531,84	212,70	90,00	91,13	310,04	3,00
2014	610,00	344,16	212,70	120,00	72,90	279,91	3,00
2015	610,00	543,36	186,11	110,00	78,98	335,11	3,00
2016	573,40	563,52	212,70	155,00	85,05	284,97	3,00
2017	622,20	550,08	194,98	115,00	91,13	319,93	3,00
2018	567,30	907,69	230,43	125,00	139,73	390,08	8,00
2019	506,30	643,68	194,98	140,00	97,20	290,00	6,00
2020	579,50	671,04	319,05	75,00	133,65	440,00	7,00
2021	427,00	1131,80	310,20	100,00	179,20	475,00	4,00

Таблиця А.3 – Середньорічна концентрація головних іонів у воді
р. Хаджидер – с. Сергіївка за період 2013-2018 рр., мг/дм³

Рік	Гідрокар- бонати	Суль- фати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій	Калій
2013	219,60	3474,20	1488,90	480,00	309,83	1575,00	8,00
2014	244,00	2551,20	1205,30	300,00	370,58	1050,00	10,00
2015	353,80	3306,00	1240,75	375,00	397,91	1347,60	10,00
2016	323,30	2540,60	1187,58	365,00	364,5	1000,04	11,00
2017	317,20	2821,90	1329,40	355,00	388,80	1190,00	11,00
2018	402,60	1131,80	1285,10	350,00	407,03	354,89	11,00
2019	342,80	1825,90	1287,58	395,00	399,23	1326,50	8,00
2020	353,90	3348,00	1327,50	344,00	360,18	1112,03	9,00
2021	312,20	2726,80	1249,85	323,00	402,91	1290,00	11,00

Таблиця А.4 – Середньорічна концентрація головних іонів у воді
р. Алкалія – с. Широке за період 2013-2021рр., мг/дм³

Рік	Гідокар- бонати	Сульфати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій	Калій
2013	305,00	1641,60	1152,13	460,00	182,25	775,10	21,00
2014	306,00	1126,10	833,08	270,00	139,73	620,08	10,00
2015	341,60	1214,40	638,10	260,00	185,29	474,95	12,00
2016	345,20	1068,00	655,83	230,00	188,33	445,05	16,00
2017	189,10	1083,52	350,45	220,00	191,26	525,07	20,00
2018	176,90	1650,12	170,73	221,00	200,45	489,07	16,00
2019	315,00	1526,1	635,1	250,00	109,73	485,1	9,00
2020	331,50	1226,1	524,1	235,00	115,20	458,2	10,00
2021	302,30	1338,2	428,2	302,10	124,50	472,2	12,00

Таблиця А.5 – Середньорічна концентрація головних іонів у воді
р. Каплань – с. Крутоярівка за період 2013-2021рр., мг/дм³

Рік	Гідрокар- бонати	Сульфати	Хлориди	Кальцій	Магній	Натрій	Калій
2013	494,10	727,68	239,29	90,00	97,20	434,93	7,00
2014	300,00	990,24	301,33	140,00	164,03	410,09	6,00
2015	549,00	886,08	248,15	145,00	124,54	390,08	6,00
2016	555,10	897,60	265,88	130,00	151,88	374,90	5,00
2017	494,10	865,92	265,88	125,00	133,6	399,97	7,00
2018	518,50	1089,10	221,56	160,00	148,84	399,97	5,00
2019	561,20	1074,20	265,88	135,00	176,20	410,10	10.0
2020	634,40	1342,10	797,63	240,00	255,15	650,00	8.00
2021	469,70	1142,90	361,60	160,00	170,10	450,10	5.00

Таблиця А.6 – Середньорічна концентрація біогенних елементів та
органічних речовин у воді р. Хаджидер – с. Чистоводне за період 2013-2021
рр., мг/дм³

Рік	Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК ₅	ХСК
2013	0,410	0,079	10,00	0,026	2,91	16,00
2014	0,160	0,100	8,50	0,420	2,35	43,00
2015	0,233	0,040	12,00	0,057	12,40	66,50
2016	0,621	0,090	4,00	0,072	2,10	59,10
2017	0,388	0,070	9,50	0,130	3,30	27,70
2018	0,466	0,110	0,00	0,230	11,20	32,20
2019	0,233	0,030	6,10	0,080	6,80	16,00
2020	0,155	0,000	3,10	0,250	4,00	36,60
2021	1,350	0,001	34,00	0,200	5,00	111,00

Таблиця А7 – Середньорічна концентрація біогенних елементів та органічних речовин у воді р. Хаджидер – с. Сергіївка за період 2013 – 2018 рр., мг/дм³

Рік	Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК5	ХСК
2013	0,001	0,600	29,00	0,034	7,31	78,00
2014	0,000	0,620	38,40	0,240	1,96	154,80
2015	0,002	0,350	36,00	0,143	6,60	256,50
2016	0,000	0,870	21,00	0,065	2,55	270,00
2017	0,000	2,200	23,50	0,020	13,50	57,00
2018	0,000	0,220	30,00	0,090	40,00	117,90
2019	0,000	0,650	29,00	0,075	38,00	121,8
2020	0,000	0,450	32,00	0,060	36,00	164,9
2021	0,000	0,950	36,60	0,090	38,20	155,2

Таблиця А.8 – Середньорічна концентрація біогенних елементів та органічних речовин у воді р. Алкалія с. Широке за період 2013-2021 рр., мг/дм³

Рік	Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК5	ХСК
2013	0,930	0,02	0,00	0,074	67,20	43,70
2014	0,466	0,430	0,00	1,000	48,40	86,00
2015	0,427	0,000	0,00	0,270	5,60	86,50
2016	0,39	0,160	2,50	0,070	1,55	26,70
2017	1,552	0,100	2,40	0,137	5,60	53,00
2018	0,543	0,495	8,00	0,040	11,50	64,10
2019	0,815	0,435	9,72	0,07	28,1	56,6
2020	0,466	0,231	8,33	0,59	58,2	86,0
2021	0,630	0,330	9,20	0,67	67,1	78,1

Таблиця А.9 – Середньорічна концентрація біогенних елементів та органічних речовин у воді р. Каплань – с. Крутоярівка за період 2013-2021 рр., мг/дм³

Рік	Азот амонійний	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК5	ХСК
2013	0,256	1,300	18,00	0,017	1,46	27,50
2014	0,466	1,300	53,68	0,860	1,77	68,80
2015	0,279	0,190	66,00	0,050	1,50	43,30
2016	0,155	0,740	37,40	0,111	1,81	139,00
2017	0,306	0,780	60,72	0,200	22,00	107,00
2018	0,466	0,740	51,00	0,710	28,00	48,20
2019	0,815	0,660	44,90	0,160	2,70	63,00
2020	0,466	0,130	8,00	0,240	52,00	67,00
2021	1,630	0,360	12,40	0,610	2,80	93,00

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Розрахунки коефіцієнта забрудненості КЗ на посту р. Хаджидер – с. Чистоводне за період 2013-2021 рр.

№	Показники якості води	ГДКі	2013		2014		2015		2016		2017	
			С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі
1	Азот амонійний, мг/дм ³	0,39	0,41	1,0500	0	0,00	0,233	0,59	0,621	1,59	0,388	0,99
2	Нітрити, мг/дм ³	0,02	0,079	3,95	0,1	5,00	0,04	2,00	0,09	4,50	0,07	3,50
3	Нітрати, мг/дм ³	9,1	10	1,10	8,5	0,93	12	1,32	4	0,44	9,5	1,04
4	Фосфати, мг/дм ³	0,2	0,026	0,13	0,42	2,10	0,057	0,29	0,072	0,36	0,13	0,65
5	БСК5, мг/дм ³	2	2,91	1,46	2,35	1,18	12,4	6,20	2,1	1,05	3,3	1,65
6	Хлориди, мг/дм ³	300	16	0,05	43	0,14	66,5	0,22	59,1	0,20	27,7	0,09
7	ХСК, мг/дм ³	30	531,84	17,73	344,16	11,47	543,36	18,11	563,52	18,78	550,08	18,34
8	Сульфати, мг/дм ³	1000	212,7	0,21	212,7	0,21	186,11	0,19	212,7	0,21	194,98	0,19
9	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,25	2,50	0,11	1,10	0,1	1,00	0,2	2,00	0,1	1,00
10	СПАР, мг/дм ³	0,1	0,302	3,02	0,159	1,59	1,27	12,70	0,19	1,90	0,02	0,20
11	Σ(Сі/ГДКі)			31,1979		23,73		42,61		31,03		27,66
12	КЗ			3,12		2,37		4,26		3,10		2,77

Продовження таблиці Б.1

№	Показники якості води	ГДКі	2018		2019		2020		2021	
			С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі
1	Азот амонійний, мг/дм ³	0,39	0,466	1,19	0,233	0,59	0,155	0,39	1,35	3,46
2	Нітрити, мг/дм ³	0,02	0,11	5,50	0,03	1,50	0	0,00	0,001	0,05
3	Нітрати, мг/дм ³	9,1	0	0,00	6,1	0,67	3,1	0,34	34	3,74
4	Фосфати, мг/дм ³	0,2	0,23	1,15	0,08	0,40	0,25	1,25	0,2	1,00
5	БСК5, мг/дм ³	2	11,2	5,60	6,8	3,40	4	2,00	5	2,50
6	Хлориди, мг/дм ³	300	32,2	0,11	16	0,05	36,6	0,12	111	0,37
7	ХСК, мг/дм ³	30	907,69	30,26	643,68	21,46	671,04	22,37	1131,8	37,73
8	Сульфати, мг/дм ³	1000	230,43	0,23	194,98	0,19	319,05	0,32	330,2	0,33
9	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,2	2,00	0,1	1,00	0,1	1,00	0,05	0,50
10	СПАР, мг/дм ³	0,1	0,18	1,80	0,12	1,20	0,02	0,20	0,04	0,40
11	Σ(Сі/ГДКі)			47,83		30,46		27,99		50,07
12	КЗ			4,78		3,05		2,80		5,01

Таблиця Б.2 – Розрахунки коефіцієнта забрудненості КЗ на посту р. Хаджидер – с. Сергіївка за період 2013-2021

рр.

№	Показники якості води	ГДКі	2013		2014		2015		2016		2017	
			С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі
1	Азот амонійний, мг/дм ³	0.39	0,001	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0
2	Нітрити, мг/дм ³	0,02	0,6	30	0,62	31	0,35	17,5	0,87	43,5	2,2	110
3	Нітрати, мг/дм ³	9,1	29	3,19	38,4	4,22	36	3,96	21	2,31	23,5	2,58
4	Фосфати, мг/дм ³	0,2	0,034	0,17	0,24	1,2	0,143	0,715	0,065	0,325	0,02	0,1
5	БСК5, мг/дм ³	2	7,31	3,655	1,96	0,98	6,6	3,3	2,55	1,275	13,5	6,75
6	Хлориди, мг/дм ³	300	1488,9	4,963	1205,3	4,02	1240,75	4,14	1187,58	3,959	1329,4	4,43
7	ХСК, мг/дм ³	30	78	2,6	154,8	5,16	256,5	8,55	270	9	57	1,9
8	Сульфати, мг/дм ³	1000	3474,2	3,4742	2551,2	2,5512	3306	3,306	2540,6	2,5406	2821,9	2,82
9	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,12	1,2	0,1	1	0,2	2	0,13	1,3	0,14	1,4
10	СПАР, мг/дм ³	0,1	0,293	2,93	0,171	1,71	0,472	4,72	1,08	10,8	0,42	4,2
11	Σ(Сі/ГДКі)			52,18		51,84		48,18		75,01		134,19
12	КЗ			5,22		5,18		4,82		7,50		13,42

Продовження таблиці Б.2

№	Показники якості води	ГДКі	2018		2019		2020		2021	
			С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі
1	Азот амонійний, мг/дм ³	0.39	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Нітрити, мг/дм ³	0,02	0,22	11,00	0,65	32,50	0,45	22,5	0,95	47,5
3	Нітрати, мг/дм ³	9,1	30	3,30	29	3,19	32	3,516	36,6	4,022
4	Фосфати, мг/дм ³	0,2	0,09	0,45	0,238	1,19	0,153	0,765	0,249	1,245
5	БСК5, мг/дм ³	2	40	20,00	38	19,00	36	18	38,2	19,1
6	Хлориди, мг/дм ³	300	1285,10	4,28	1287,58	4,29	1327,5	4,425	1249,85	4,166
7	ХСК, мг/дм ³	30	117,9	3,93	121,8	4,06	164,9	5,497	155,2	5,173
8	Сульфати, мг/дм ³	1000	1131,8	1,13	1825,9	1,83	3348	3,348	2726,8	2,7268
9	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,1	1,00	0,15	1,50	0,19	1,9	0,21	2,1
10	СПАР, мг/дм ³	0,1	0,32	3,20	0,45	4,50	0,486	4,86	0,52	5,2
11	Σ(Сі/ГДКі)			48,29		72,05		64,81		91,23
12	КЗ			4,83		7,21		6,48		9,12

Таблиця Б.3 – Розрахунки коефіцієнта забрудненості КЗ на посту р. Каплань – с. Крутоярівка за період 2013-2021 рр.

№	Показники якості води	ГДКі	2013		2014		2015		2016		2017	
			С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі
1	Азот амонійний, мг/дм ³	0,39	0,26	0,65	0,47	1,19	0,28	0,71	0,16	0,39	0,31	0,78
2	Нітрити, мг/дм ³	0,02	1,30	65,00	1,30	65,00	0,19	9,50	0,74	37,00	0,78	39,00
3	Нітрати, мг/дм ³	9,1	18,00	1,98	53,68	5,90	66,00	7,25	37,40	4,11	60,72	6,67
4	Фосфати, мг/дм ³	0,2	0,02	0,09	0,86	4,30	0,05	0,25	0,11	0,56	0,20	1,00
5	БСК5, мг/дм ³	2	1,46	0,73	1,77	0,89	1,50	0,75	1,81	0,91	22,00	11,00
6	Хлориди, мг/дм ³	300	239,29	0,80	301,33	1,00	248,15	0,83	265,88	0,89	265,88	0,89
7	ХСК, мг/дм ³	30	27,50	0,92	68,80	2,29	43,30	1,44	139,00	4,63	107,00	3,57
8	Сульфати, мг/дм ³	1000	727,68	0,73	990,24	0,99	886,08	0,89	897,60	0,90	865,92	0,87
9	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,12	1,20	0,10	1,00	0,20	2,00	0,13	1,30	0,14	1,40
10	СПАР, мг/дм ³	0,1	0,29	2,87	0,24	2,36	0,84	8,42	0,22	2,20	0,65	6,50
11	Σ(Сі/ГДКі)			74,96		84,92		32,04		52,88		71,67
12	КЗ			7,50		8,49		3,20		5,29		7,17

Продовження таблиці Б3

№	Показники якості води	ГДКі	2018		2019		2020		2021	
			С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі
1	Азот амонійний, мг/дм ³	0,39	0,47	1,19	0,82	2,08	0,47	1,19	1,63	4,17
2	Нітрити, мг/дм ³	0,02	0,74	37,00	0,66	33,00	0,13	6,50	0,36	18,00
3	Нітрати, мг/дм ³	9,1	51,00	5,60	44,90	4,93	0,00	0,00	12,40	1,36
4	Фосфати, мг/дм ³	0,2	0,71	3,55	0,16	0,80	0,24	1,20	0,61	3,05
5	БСК5, мг/дм ³	2	28,00	14,00	2,70	1,35	52,00	26,00	2,80	1,40
6	Хлориди, мг/дм ³	300	221,56	0,74	265,88	0,89	797,63	2,66	361,60	1,21
7	ХСК, мг/дм ³	30	48,20	1,61	63,00	2,10	67,00	2,23	93,00	3,10
8	Сульфати, мг/дм ³	1000	1089,10	1,09	1074,20	1,07	1342,10	1,34	1142,90	1,14
9	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,10	1,00	0,15	1,50	0,19	1,90	0,21	2,10
10	СПАР, мг/дм ³	0,1	0,21	2,10	0,30	3,00	0,05	0,50	0,03	0,30
11	Σ(Сі/ГДКі)			67,88		50,72		43,52		35,83
12	КЗ			6,79		5,07		4,35		3,58

Таблиця Б.4 – Розрахунки коефіцієнта забрудненості КЗ на посту р. Алкалія – с. Широке за період 2013-2021 рр.

№	Показники якості води	ГДКі	2013		2014		2015		2016		2017	
			С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі
1	Азот амонійний, мг/дм ³	0,39	0,93	2,38	0,47	1,21	0,43	1,11	0,39	1,00	1,55	3,97
2	Нітрити, мг/дм ³	0,02	0,02	1,00	0,43	21,50	0,00	0,00	0,16	8,00	0,10	5,00
3	Нітрати, мг/дм ³	9,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,27	2,40	0,26
4	Фосфати, мг/дм ³	0,2	0,07	0,37	1,00	5,00	0,27	1,35	0,07	0,35	0,14	0,69
5	БСК5, мг/дм ³	2	67,20	33,60	48,40	24,20	5,60	2,80	2,55	1,28	5,60	2,80
6	Хлориди, мг/дм ³	300	1152,13	3,84	833,08	2,78	638,10	2,13	655,83	2,19	350,45	1,17
7	ХСК, мг/дм ³	30	43,70	1,46	86,00	2,87	86,50	2,88	26,70	0,89	53,00	1,77
8	Сульфати, мг/дм ³	1000	1641,60	1,64	1126,10	1,13	1214,40	1,21	1068,00	1,07	1083,52	1,08
9	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,22	2,20	0,32	3,20	0,10	1,00	0,20	2,00	0,11	1,10
10	СПАР, мг/дм ³	0,1	0,45	4,52	0,08	0,81	0,32	3,23	0,28	2,80	0,60	6,00
11	Σ(Сі/ГДКі)			51,01		62,69		15,71		19,84		23,84
12	КЗ			5,10		6,27		1,57		1,98		2,38

Продовження таблиці Б4

№	Показники якості води	ГДКі	2018		2019		2020		2021	
			С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі	С і	Сі/ГДКі
1	Азот амонійний, мг/дм ³	0,39	0,54	1,38	0,82	2,11	0,47	1,21	0,63	1,62
2	Нітрити, мг/дм ³	0,02	0,50	24,75	0,44	21,75	0,23	11,55	0,33	16,50
3	Нітрати, мг/дм ³	9,1	8,00	0,88	9,22	1,01	8,33	0,92	12,5	1,37
4	Фосфати, мг/дм ³	0,2	0,04	0,20	0,37	1,85	0,59	2,95	0,67	3,35
5	БСК5, мг/дм ³	2	11,50	5,75	28,10	14,05	58,20	29,10	69,4	34,70
6	Хлориди, мг/дм ³	300	170,73	0,57	635,10	2,12	524,10	1,75	428,2	1,43
7	ХСК, мг/дм ³	30	64,10	2,14	96,00	3,20	78,00	2,60	56	1,87
8	Сульфати, мг/дм ³	1000	1650,12	1,65	1526,10	1,53	1226,10	1,23	1338,1	1,34
9	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,20	2,00	0,29	2,90	0,36	3,60	0,38	3,80
10	СПАР, мг/дм ³	0,1	0,29	2,90	0,48	4,83	0,53	5,30	0,623	6,23
11	Σ(Сі/ГДКі)			42,22		55,35		60,20		72,21
12	КЗ			4,22		5,53		6,02		7,22

Таблиця Б.5 – Розрахунок КЗ для р. Хаджидер за період з 2013 по 2021 рр.

Найменування контрольних пунктів	Нормовані показники										
	Азот амоній	Нітрити	Нітраги	Фосфати	БСК5	Хлориди	ХСК	Сульфати	Залізо загальне	СПАР	γ
ГДК, мг/дм ³	0.39	0,02	9,1	0,2	2	300	30	1000	0,1	0,1	
Концентрації домішок, мг/дм³											
р. Хаджидер с. Чистоводне	0,428	0,058	9,689	0,163	5,562	45,344	654,130	232,650	0,134	0,256	
р. Хаджидер с. Сергіївка	0,000	0,768	30,611	0,137	20,458	1289,107	152,900	2636,267	0,149	0,468	
Розрахунок $\sum \gamma_{ijp}$											
р. Хаджидер с. Чистоводне	1,097	2,889	1,06	1	2,781	1,000	21,804	1	1,344	2,557	
р. Хаджидер с. Сергіївка	1	38,39	3,36	1	10,23	4,297	5,097	2,636	1,489	4,68	
Розрахунок КЗ											
$\sum \sum \gamma_{ijp}$	2,10	41,28	4,43	2	13,01	5,30	26,901	3,64	2,83	7,24	
N_i	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
γ_i	1,0485	20,64	2,21	1	6,51	2,65	13,45	1,82	1,42	3,62	5,4

Таблиця Б.6 – Розрахунок КЗ для р. Каплань с. Крутоярівка за період з 2013 по 2021 рр.

Найменування контрольних пунктів	Нормовані показники										
	Азот амоній	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК5	Хлориди	ХСК	Сульфати	Залізо загальне	СПАР	γ
ГДК, мг/дм ³	0.39	0,02	9,1	0,2	2	300	30	1000	0,1	0,1	
Концентрації домішок, мг/дм³											
р. Каплань с. Крутоярівка	0,538	0,689	38,233	0,329	12,671	329,689	72,978	1001,758	0,149	0,314	
Розрахунок $\sum \gamma_{ijn}$											
р. Каплань с. Крутоярівка	1,38	34,444	4,201	1,643	6,336	1,099	2,433	1,002	1,489	3,139	
Розрахунок КЗ											
$\sum \sum \gamma_{ijn}$	1,38	34,44	4,20	1,64	6,34	1,10	2,43	1,00	1,49	3,14	
N_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
γ_i	1,38	34,44	4,20	1,64	6,34	1,10	2,43	1,00	1,49	3,14	5,7

Таблиця Б.7 – Розрахунок КЗ для р. Алкалія с. Широке за період з 2013 по 2021 рр.

Найменування контрольних пунктів	Нормовані показники										
	Азот амоній	Нітрити	Нітрати	Фосфати	БСК5	Хлориди	ХСК	Сульфати	Залізо загальне	СПАР	γ
ГДК, мг/дм ³	0.39	0,02	9,1	0,2	2	300	30	1000	0,1	0,1	
Концентрації домішок, мг/дм³											
р. Алкалія с. Широке	0,691	0,245	4,772	0,358	32,950	598,636	65,556	1319,338	0,242	0,407	
Розрахунок $\sum \gamma_{ijn}$											
р. Алкалія с. Широке	1,77	12,228	1,000	1,789	16,475	1,995	2,185	1,319	2,422	4,069	
Розрахунок КЗ											
$\sum \sum \gamma_{ijn}$	1,77	12,23	1,00	1,79	16,48	2,00	2,19	1,32	2,42	4,07	
N_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
γ_i	1,77	12,23	1,00	1,79	16,48	2,00	2,19	1,32	2,42	4,07	4,5