

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Географічний факультет
Кафедра географії України та регіоналістики

**ГІДРОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЬОЇ
ЧАСТИНИ Р. ПРУТ (ДО М. ЯРЕМЧЕ)**

Дипломна робота
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Виконала:
студентка 6 курсу, групи 617
спеціальності 103 «Науки про Землю»
ОП «Гідрологія»
Деревинська Любов Сергіївна
Керівник: к.геог.н. Николаєв А. М.

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № ____

від „__” _____ 2022 р.

зав. кафедри _____ проф. Костащук І.І.

Чернівці – 2022

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 84 с., 14 рис., 14 табл., 2 додатки, 25 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: гірська частина (замикаючий ствір) басейну річки Прут.

Предмет дослідження – хімічний склад вод гірської частини течії р. Прут (на ділянці до м. Яремче).

Мета роботи: вивчення особливостей хімічного складу і оцінка якості води в гірській частині басейну р. Прут.

При написанні роботи були використані басейновий та генетичний дослідницький підходи, літературно-описовий, та гідрохімічний методи досліджень.

Ключові слова: річковий басейн, водність річки, головні іони, мінералізація води, розчинені гази, забруднені речовини, якість води.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ПРИРОДНІ УМОВИ БАСЕЙНУ Р. ПРУТ	7
1.1. Геологічна будова.....	7
1.2. Рельєф.....	8
1.3. Клімат.....	9
1.4. Ґрунтовий і рослинний покрив	10
1.5. Гідрологічний режим.....	10
1.6. Типологія та ідентифікація поверхневих водних об'єктів.....	15
1.7. Типологія та ідентифікація об'єктів підземних вод.....	16
Висновки до першого розділу.....	17
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД	18
2.1. Фізичні показники якості	18
2.2. Хімічні показники якості води.....	20
2.3. Біологічні показники якості води	33
2.4. Основні джерела забруднення водойм.....	36
2.5. Забруднення природного походження	38
2.6. Забруднення викликані діяльністю людини.....	40
2.7. Класифікація забруднень за їхнім впливом на водні організми.....	42
Висновки до другого розділу.....	47
РОЗДІЛ 3. ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ Р. ПРУТ У СТВОРІ М. ЯРЕМЧЕ	48
3.1. Вміст головних іонів і мінералізація води.....	48
3.2. Хімічний склад води.....	59
3.3. Розчинені гази.....	63
3.4. Біогенні речовини.....	65
3.5. Забруднюючі речовини.....	67
3.6. Якість води.....	71

Висновки до третього розділу.....	75
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80
ДОДАТКИ.....	82
Додаток А.....	83
Додаток Б.....	84

Вступ

Актуальність теми. Сучасна потреба у водних ресурсах набагато випереджає зростання чисельності населення, і тому вкрай необхідно покращувати управління водними ресурсами і відповідними екосистемами.

Гідрологічні умови є основою формування хімічного складу природних вод. В той же час, динамічність гідрологічних характеристик річок, їх гідрохімічного режиму викликає інтерес до них зі сторони споживачів водних ресурсів. Вивчення впливу окремих факторів на кількісні та якісні характеристики річкового стоку дозволяє розробляти методи розрахунків елементів річкового стоку для невивчених річок, а також запобігати негативному впливу людської діяльності на водозборі. Дослідження хімічного складу природних вод, їх кількісних характеристик становлять інтерес при моніторингу якості поверхневих вод. Вони можуть бути використанні при плануванні водогосподарських заходів у басейні р. Прут, при оцінці якісного стану води річок з метою покращення їх екологічного стану. Актуальність роботи обумовлена необхідністю визначення змін гідрологічних характеристик та гідрохімічного стану р. Прут з метою оптимізації управління водними ресурсами.

Інформація про гідрохімічний режим р. Прут є базовою при розробці заходів з оптимізації використання водних ресурсів річки.

Основна частина стоку Пруту формується в гірській частині басейну і саме в її межах формується первинний хімічний склад руслових вод, яке зазнає антропогенних змін в середній і нижній частині русла.

Гірська частина басейну Пруту наразі не зазнає високого рівня антропогенного впливу, тому хімічний склад верхнього Пруту може вважатись референційним, його вивчення потребує особливу увагу згідно умов Водної Рамкової Директиви.

Мета роботи: вивчення особливостей хімічного складу і оцінка якості води в гірській частині басейну р. Прут.

Об'єкт дослідження: гірська частина (замикаючий ствір) басейну річки Прут.

Предмет дослідження – хімічний склад вод гірської частини течії р. Прут (на ділянці до м. Яремче).

Досягнення встановленої мети дослідження викликало до постановки і розв'язання таких **завдань**:

1. Проаналізувати природні умови басейну річки Прут;
2. Ознайомитись з теорією формувань хімічного складу природних вод.
3. Встановити особливості хімічного складу води р. Прут.
4. Виявити особливості часової динаміки головних іонів у воді р. Прут за період 2008-2018 рр.
5. Оцінити рівень забрудненості досліджуваної річки і якість води р. Прут – м. Яремче

При написанні роботи були використані басейновий та генетичний дослідницький підходи, літературно-описовий, та гідрохімічний методи досліджень.

Інформаційною базою роботи є літературні джерела, результати гідрологічних і гідрохімічних спостережень Гідрометслужби України у створі Прут – м. Яремче 2012-2019 рр., також використовувались дані аналітичного контролю якості поверхневих вод з Басейнового управління водних ресурсів Пруту та Сірету за 2008 – 2018 рр.

1. ПРИРОДНІ УМОВИ БАСЕЙНУ Р. ПРУТ

1.1. Геологія

Гірська частина річки Прут складається з мезозойських відкладень (сланці, кварцити), які зверху вкриті флішовими відкладеннями (пісковики, глини, мергелі, вапняки), і щебеним шаром алювіальних утворень.

Нижня течія річки Прут протікає через Волино-Подільську височину. Найдавнішими породами фундаментної плити є граніти. Третинні відклади представлені осадовими породами палеогенового флішу - сіро-зеленими і сірими вапняними пісковиками, мергелями, глинами.[19]

Басейн річки Прут (надалі РБ Прут) є транскордонним (рис.1.1). Він розташований на території трьох країн. Із загальної площі басейну 28% знаходиться в Молдові, 33% - на території України і 49% - в Румунії. Абсолютна максимальна висота басейну 429,5 м, мінімальна 2,6 м.



Рис. 1.1. Транскордонний басейн річки Прут

Фізико-географічні об'єкти річки Прут в Україні численні. Перш за все, значна частина його території розташована в горах. Це зумовлює як високу

водність річки, яка відносно мало змінюється вниз за течією, так і характерну швидкоплинність річкових процесів.

1.2. Рельєф

Територія дослідного РБ Прут охоплює частини Східно-Європейської (Волино-Подільська плита) та Західно-Європейської платформ, Зовнішніх (складчастих) і Внутрішніх Карпат і прилеглих до них прогинів: Підкарпатського (передового) і Закарпатського (внутрішнього). У межах цих структур (з північного сходу на південний захід) виділяються такі тектонічні одиниці: Більче-Волицька зона (зовнішня частина автохтонного Підкарпатського прогину, що утворився на основі Західноєвропейської платформи), Самборський і Бориславсько-Покутський покрив внутрішня частина прогину, Скибовий покрив, П'єніни та Закарпатський внутрішній прогин. П'єнінський район є межею між внутрішніми та зовнішніми Карпатами. Загалом структура Карпат багатоярусна, покривно-луската з повним зміщенням маси з південного заходу на північний схід у напрямку платформи (рис. 1.2).

Для гірських річок характерні неглибокі долини з крутими схилами. Долини річок розташовані поперек гірських хребтів. Долини річок здебільшого вузькі, часто з крутими схилами та обривами. Річкові долини розширюються лише в місцях м'яких виходів олігоценних порід, утворюючи округлі або довгасті каньйони. Ці гірські річки відрізняються від рівнинних річок, у яких ландшафт і геоботанічні умови більш-менш однакові (азональні). Глибина долин у передгір'ях 150-250 м, а в горах 600-800 м. Ухил зазвичай становить 60-70 м/км у верхів'ях і 5-10 м/км у нижніх частинах течії. [3, 19]

Верхів'я річки Прут - типова гірська річка, відносно невелика, з крутими схилами, з валунами та галькою в наносах. У цій верхній частині річка протікає глибокою долиною, яка часом нагадує каньйони. Ділянка в основному вкрита лісом. Річка переважно тече з південного заходу на північний схід. Біля міста

Яремче річка утворює каскадний водоспад Пробій. Умовно річка Прут до Чернівців має три ділянки: (і) гірську ділянку до Яремче, (іі) передгірську від Яремче до Коломиї (64 км) і низинну ділянку в Коломиї, Чернівці (100 км).

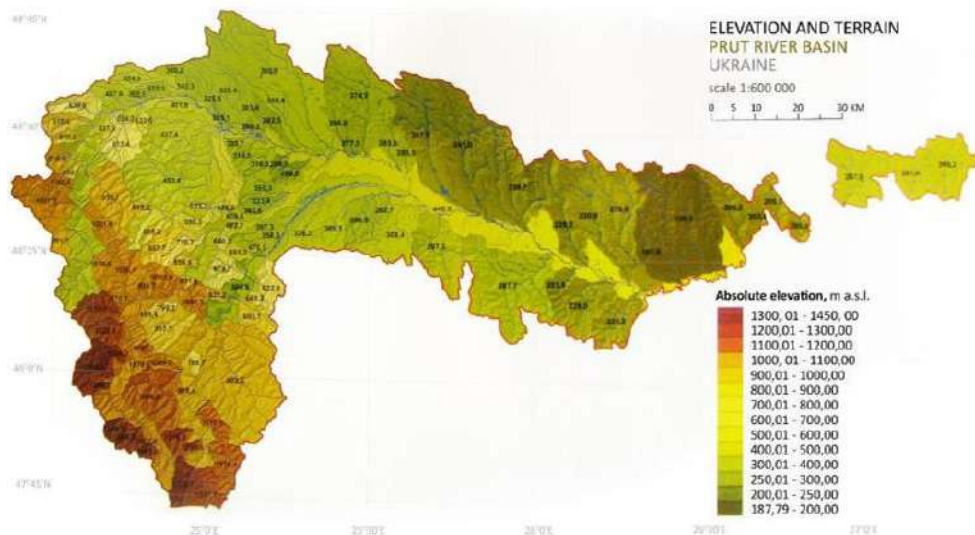


Рис.1.2. Рельєф басейну р. Прут

1.3. Клімат

Територія РБ Прут характеризується помірно-континентальним кліматом. В окремі роки спостерігаються посушливі періоди, які суттєво впливають на стік та гідрологічний режим річок РБ Прут. Високогірний басейн Пруту є найбільш зволуженим в Україні. Основною закономірністю річної кількості опадів є їх зменшення з віддаленням від гір.

У горах (метеостанції Пожежевська, Селятин) випадає 976-2117 мм опадів на рік, на рівнинній місцевості (метеостанції Коломия, Чернівці) 395-1331 мм. Спостерігається нерівномірність опадів у часі. Буває так, що за місяць річної норми випадає половина, а в окремі дні місячна норма опадів. Це визначає паводковий режим річки та формування паводків.

Середня багаторічна кількість опадів у РБ порівняно зі стандартом зросла з 9 до 93 мм, за винятком метеостанції Чернівці, де середня багаторічна кількість опадів зменшилася на 23 мм. Найбільша кількість опадів була зафіксована в 1998, 2001, 2007, 2008, 2010 роках (перевищення норми

коливалося в межах 280-450 мм). У ці роки сформувалися катастрофічні повені. Більше норми опадів випадає в більшості випадків у березні, червні, серпні та листопаді.[19]

1.4. Ґрунтовий і рослинний покрив

Ґрунтовий покрив у гірській частині Пруту характеризується бурими гірсько-лісовими ґрунтами. В основному вони мають невелику глибину від 30 до 40 см, іноді трохи більше. Нижче можна знайти шар гравію та каміння. Русла річок складаються в основному з піску, гравію та гравію, а також кам'янистих поверхонь. Водопроникність підстильного шару в основному низька, що істотно впливає на формування паводкових стоків.

Листяні та хвойні ліси займають близько 35% площі басейну. У лісистих Карпатах помітно виражена ландшафтна зональність. У передгір'ях ростуть дубово-грабові ліси, де поряд з літнім дубом типовим для Західної Європи зустрічається зимовий дуб і західноєвропейський бук.

Нижні схили гір (від 300 до 600 м) вкриті широколистяними лісами з літнього дуба, граба, бука, клена, липи, іноді змішаної ялини та ялиці. Ці ліси підняті вище 600 м, але деякі змінилися, і з висотою поступово переважає бук і посилюється роль хвойних, вище 1250 м. До висоти 1600 м переважають смерекові ліси.[20]

Вершини гір вкриті субальпійськими луками та чагарниковими заростами гірської вільхи та сосни. Для лівого берега річки Прут характерні відкриті луки, розорані і лише зрідка зустрічаються листяні ліси.

1.5. Гідрологічний режим

Поверхневі води. Для басейну річки Прут характерна густа гідрографічна мережа. Густота річкової мережі становить 0,94 км/км², що майже втричі перевищує середній показник по Україні (0,34 км/км²). Щільність мережі обумовлена в першу чергу двома факторами: великою

розчленованістю рельєфу і в той же час значною кількістю опадів. Прут починається на північно-східних схилах Карпат на висоті 1750 м. Основний водозбір Пруту пролягає на території України і формує її водний режим. Ширина русла річки до населеного пункту Делятин 20 - 50 м, нижче розширюється до 100 - 200 м, глибина води в руслі 0,2 - 1,5 м, швидкість течії 2 - 3 м/с. На цій території знаходиться близько 40 приток річки, найбільші з яких Черемош, Рибниця, Пистинень, Лючка. [11, 19]

Найбільшою гірською притокою Пруту є річка Черемош із середньою висотою водозбору до села Устеріки 1100 м над рівнем моря, довжиною 800 км і площею водозбору близько 2560 км². Густота гідрографічної мережі цього басейну є найбільшою в Україні. Іншими великими притоками Пруту є Рибниця і Пристинка, що беруть початок зі схилів Покутсько-Буковинських Карпат на висоті 600-800 м над рівнем моря. Густота річкової мережі 0,3-0,9 км/км², місцями – 1,5 км/км², у водозборі притоки Пруту р. Білий Черемош 2,5 км/км². [12]

Підвищення рівня води зазвичай починається в середині - кінці березня внаслідок танення снігу в горах або випадіння дощів і дає початок розливу річок у Карпатах. Паводок відбувається кількома хвилями, особливо під час потепління і часто ускладнюється або посилюється дощем. Найбільша весняна повінь спостерігається на малих річках зазвичай у другій-третьій тижні березня. Максимальна весняна повінь не завжди має найвищий річний рівень, перш за все найвищим рівнем є рівень дощових паводків. Інтенсивність підвищення рівня весняної повені залежить головним чином від вмісту води в снігу. Тривалість весняної повені 1,5 - 2 місяці (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Типові рівні води в басейні р. Прут

<i>Річка - Пост</i>	<i>Початкова лінія на посту, м</i>	<i>H_{сер.} см</i>	<i>Максимальний рівень</i>		<i>Мінімальний рівень</i>	
			<i>см</i>	<i>дата</i>	<i>см</i>	<i>дата</i>
Прут – Татарів	636,57	198	619	31.08.1927	148	23.03-14.11.1999 16-17.11.1999 25.08-09.12.2000
Прут – Яремче	499,89	223	760	08.06.1969	143	05-09.12.2000
Прут - Коломия	274,74	290	688	22.07.1974	158	09.12.2000
Прут – Чернівці	155,89	257	1038	09.06.1969	106	10.12.2000
Кам'янка - Дора	482,36	23	207	14.08.1979	2	07.07.1999
Чернява - Любківці	220,93	271	569	20.06.1998	236	21.08-26.10.2000
Черемош–Устеріки	474,09	83	456	08.06.1969	32	09.12.1967
Черемош–Кути	326,16	366	755	08.06.1969	236	19.12.1997
Білий Черемош– Яблуниця	592,11	185	447	08.06.1969	114	22, 23.11.1975
Чорний Черемош– Верховиєа	590,48	351	720	08.06.1969	284	18.03.2000
Ільця–Ільці	681,98	106	244	08.09.1996	57	16.08-30.11.2000
Путила–Путила	613,06	334	595	28.06.1995	260	25-29.01.1992

Літні дощові паводки зазвичай починаються після весняного паводку. Їхні максимуми зазвичай перевищують рівень весняної повені на 0,5-1,5 м. Безперервні осінні дощі спричиняють значне підвищення рівня, іноді сягає 2-3 м. Зниження рівня триває до серпня - вересня і досягає найнижчого значення в кінці вересня - жовтні. В окремі роки паводки можуть бути від 5-8 разів до 10-12 разів і більше. Спостерігається підвищення восени, яке переходить у зиму. Восени можливі дуже високі і навіть катастрофічні повені. Зимовий режим рівнів характеризується нестабільністю через часті відлиги. Рівень води підвищується до 1,0 - 1,5 м, а іноді на 2,0 - 3,5 м порівняно з передпаводковим періодом (рис. 1.3, табл. 1.2).

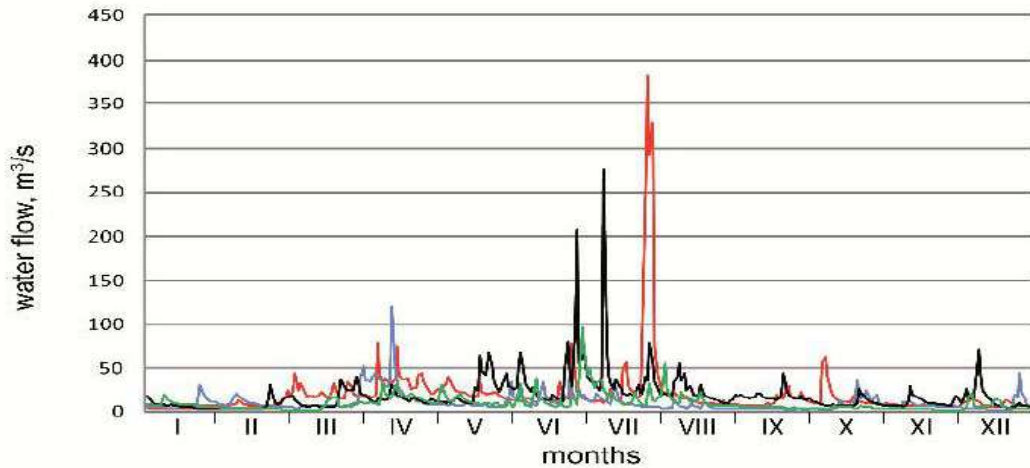


Рис. 1.3. Гідрограф стоку, басейн р. Прут – м. Яремче 2010-2020 рр.)

Таблиця 1.2

Типові значення витрат води на гідрологічних постах, розташованих у басейні річки Прут

<i>Пост</i>	Q_{avg} (m^3/c)	<i>Період</i>	Q_{max} (m^3/c)	<i>Дата</i>	Q_{min} (m^3/c)	<i>Дата</i>
Ворохта	2,00	1978–2011	87,2	26–27.07.2008	0,12	7-12.02.1987
Татарів	7,71	1959–2011	517	8.06.1969	0,053	16.12.1961
Яремче	12,6	1950–2011	1530	8.06.1969	0,68	24.01.1976
Чернівці	73,1	1895–1911, 1919–1924, 1926–1935, 1945–2011	5200	9.06.1969	1,90	14.12. 1961

Характерні максимальні модулі річного стоку для річок Карпат становлять 20-30 л/с км². Сучасними екзогенними геодинамічними процесами в річкових долинах басейну Пруту є: водна ерозія від сильних дощів та бічний розмив схилів, на схилах – природна денудація та ерозія, ускладнена на окремих безлісних ділянках, зсуви, лавини, осипи та сипучі піски. У результаті цих процесів у річках і струмках водними шляхами переноситься багато різнозернистого матеріалу.

Тверда речовина зваженого осаду може бути домінуючим. Найбільша частина твердого стоку гірських річок пов'язана з селевим потоком. Майже всі притоки Пруту та Чорного Черемошу знаходяться під впливом селей, особливо річки: Кам'янка, Жонка, Женець, Дземброня, Бистрець, Погорілець.[19]

Підземні води. Гідрогеологічні умови басейну Пруту визначають геологічну будову та орографічні особливості цієї території. У межах басейну Пруту (Україна) виділяють три геологічні області: Волино-Подільський артезіанський басейн і Передкарпатську западину, складчасту гірську область Карпат (рис. 1.4). Волино-Подільський артезіанський басейн на досліджуваній території поширений у межах південно-західної окраїни Східно-Європейської платформи і займає Пруто-Дністровське межиріччя. Південно-західна межа басейну збігається з Коршам-Вашківським зсувом, який є межею різкого опускання крейдових і неогенових відкладів. Тут розвинуті осадові породи палеозою, мезозою і кайнозою, являють собою глинисто-піщані відкладення, несприятливі для накопичення великої кількості підземних вод. Прісні підземні води Волино-Подільського артезіанського басейну містяться в пористих і тріщинуватих верхньокрейдних і неогенових пісках і пісковиках, що залягають на глибині близько 100 м. Підземні води різних водоносних горизонтів гідравлічно пов'язані між собою, створюючи спільні водоносні комплекси. Всі ці водоносні горизонти і водоносні комплекси використовуються як джерела централізованого водопостачання.

Особливо складними є гідрогеологічні умови Карпатського складчастого артезіанського басейну. Водовмісні породи тут представлені виключно теригенними флішовими відкладами палеогену та неогену, складчастими, розломними та тріщинуватими. Крім того, водоносні системи сильно ускладнені тектонічними рухами різних геологічних періодів. Тому в Карпатах немає безперервних і постійних водоносних горизонтів.

Тому основним джерелом централізованого водопостачання басейну Пруту є безнапірні підземні води алювіальних водоносних горизонтів і терас долин річок Прут і Черемош. Інші безнапірні підземні води еолово-делювіального походження, що залягають на вододілах і схилах річкових долин, мають лише місцеве значення.

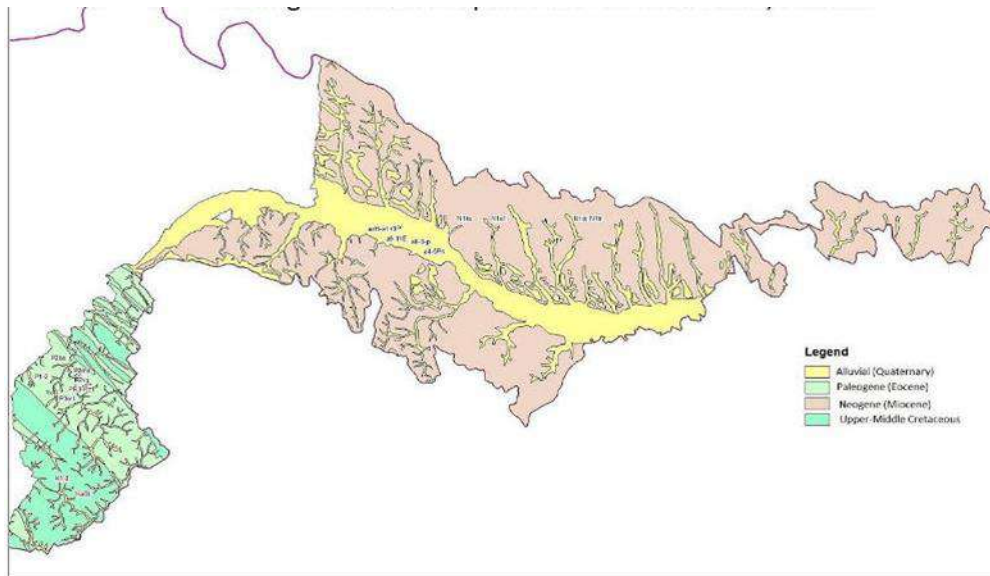


Рис.1.4. Основні водоносні горизонти басейну річки Прут

1.6. Типологія та ідентифікація поверхневих водних об'єктів

В якості основи для оцінки екологічного стану поверхневих вод та планування та впровадження Програми заходів розроблено типологію, а також розділено річки та озера на окремі об'єми або поверхневі водні масиви (ВВ). Відповідно до ВРД «водне тіло» має бути узгодженою субодиноцею в річковому басейні, до якого мають застосовуватися екологічні цілі директиви.

Поверхневі «водні об'єкти» — це окремі ділянки або частини водних об'єктів, які відрізняються один від одного своїми специфічними природними характеристиками, характером впливу діяльності людини або будь-якими іншими значущими та помітними параметрами. [18]

Процес розмежування та ідентифікації поверхневих водних об'єктів складається з поділу водних об'єктів на ділянки та частини відповідно до

погоджених параметрів і критеріїв. Після цього кожен окреслений поверхневий водний об'єкт підлягає регулярній оцінці стану води, а якщо доброго стану не досягнуто, вживаються заходи для його покращення.

З метою встановлення та ідентифікації поверхневих водних об'єктів розглядалися всі річки з площею річкового басейну понад 50 км². Річки з площею водозбору менше 50 км² були класифіковані на окремі водні об'єкти відповідно до їх значення. Проте всі малі річки входять до більших водозбірних басейнів, які є основою для управління водоймами. [19]

Методологічною проблемою для управління водними ресурсами є велика кількість ідентифікованих річкових тіл і, як наслідок, великий обсяг роботи, необхідний для досліджень, моніторингу та спостереження. Зокрема, для зменшення адміністративного навантаження застосовувалося попереднє агрегування та групування річкових тіл.

1.7. Типологія та ідентифікація об'єктів підземних вод

Для цілей управління ВРД вимагає окреслити, охарактеризувати та класифікувати підземні водні об'єкти (надалі скорочено ПЗВ). Відповідно до статті 2.12 ВРД: «Тіло підземних вод означає окремий об'єм підземних вод у водоносному горизонті або водоносних горизонтах». Першим кроком у процедурі ідентифікації об'єктів підземних вод є аналіз водоносних горизонтів підземних вод та їх частин із значним потоком підземних вод та/або значним обсягом забору.

Стаття 7. ВРД вимагає визначення всіх об'єктів підземних вод, які використовуються або плануються до використання в майбутньому для забору в середньому більше 10 м³/день питної води. Під час ідентифікації водного тіла цей об'єм розглядається як значна кількість підземних вод. Чотири основні прісні водоносні горизонти підземних вод використовуються для водопостачання, тому їх було проаналізовано для ідентифікації та розмежування тіл підземних вод у РБ Прут:

1. Четвертинні (алювіальні) водоносні горизонти долини р. Прут та її терас;
2. Неогенові (міоценові) водоносні горизонти;
3. Палеогенові (еоценові) водоносні горизонти і
4. Верхньо-середньокрейдові водоносні горизонти.

Висновки

У гірській частині басейну річки Прут формується значна частина його стоку. Геологічний склад гірських порід басейну і малий вміст розчинних речовин в гірських ґрунтах визначають низьку мінералізацію вод поверхневого стоку і її незначні зміни протягом року.

В гірській частині басейну річки мала густина населення, основними галузями господарства є лісова, тваринництво, інтенсивно розвивається рекреаційна галузь. На разі в цій частині басейну Пруту спостерігається низький рівень антропогенного навантаження.

2. ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД

2.1. Фізичні показники якості

У ряді випадків щодо ступеня погіршення природних вод зміна фізичних властивостей є більш чутливим показником, ніж інші. Природні прісні води не мають смаку та запаху.

Присмаки та запахи можуть з'являтися від перебування риби, від розвитку у воді деяких водоростей, нижчих грибів. Ряд організмів, перебуваючи в несприятливих умовах існування (голодування, дія високих температур, створення анаеробних умов, підлужування води тощо), надає воді неприємного запаху. Запах може з'являтися у воді і внаслідок протікання біохімічних процесів у нижніх шарах або в ґрунтах, а також під впливом стічних вод. Дуже часто при зникненні запахів зберігається неприємний присмак або цей присмак набувають водні організми. Інтенсивність смаку та запаху води визначають органолептично і виражають у балах.

<i>Бали</i>	<i>Характеристика</i>
0	Немає запаху (смаку)
1	Дуже слабкий. Виявляється лише досвідченими слідчими
2	Слабкий. Виявляється всіма, якщо звернути їх увагу
3	Помітний. Легко виявляється всіма і викликає несхвальний відгук
4	Сильний. Привертає увагу і змушує утримуватись від вживання води або інших продуктів
5	Дуже сильний. Вода та продукти непридатні до вживання

Якщо вода має сумнівні санітарні якості, то її смак визначається після кип'ятіння та охолодження. Розрізняють такі види смаку, як солоний, гіркий, кислий, солодкий. Всі інші смакові відчуття визначаються як присмаки, наприклад рибний, фенольний, нафтопродуктів, хлорний і т. п. Прозорість

води залежить в основному від наявності в ній завислих речовин, а також від температури та кольору води. Чим більше колір наближається до блакитного, тим прозоріша вода. Наближення до жовтого знижує прозорість, що і спостерігається у водоймах з гуміновими водами, які мають жовту та жовто-коричневе забарвлення. Зміна температури впливає на щільність води, а побічно і її прозорість, яка з підвищенням температури зменшується. Тому взимку прозорість вища, ніж улітку. Зниження прозорості води негативно позначається на умовах існування водних організмів, зокрема знижується інтенсивність фотосинтезу.[8]

Прозорість води на водоймах зазвичай визначають по білому диску і виражають у метрах глибини, на якій ще видно диск, в лабораторних умовах – шляхом читання спеціального шрифту через стовп води, наливої в циліндр (прилад Снеллена) з плоским дном, і виражають у сантиметрах стовпа води, через який читається шрифт.

Природна вода, в якій немає жодних домішок, у тонкому шарі безбарвна, у товстому шарі має блакитний колір, що переходить у синій при великих глибинах. Наявність іншого забарвлення вказує на присутність у воді якихось розчинних, завислих речовин або домішок.

Зміна кольору води не має прямого впливу на умови проживання водних організмів, але може побитися побічно через зміну прозорості води.

Колір води може визначатися візуально шляхом перегляду на водоймі стовпа води заввишки 0,5 м над білим диском або зверненням зверху стовпчика води в приладі Снеллена на білому тлі. Результат описується словесно (зелений, бурий тощо) із зазначенням відтінків (слабко-жовтий, коричневий тощо).

Найчастіше кольоровість визначають за заздалегідь підготовленими шкалами з розчинами, що імітують кольоровість води. Зазвичай застосовують

платиново-кобальтову шкалу та виражають кольоровість у градусах цієї шкали.

Ця шкала придатна для визначення кольоровості більшості природних вод. Мутну воду перед визначенням кольору фільтрують. При сильному розвитку фітопланктону і надходженні у водойму забарвлених стічних вод кольоровість визначають візуально.

Кольоровість більшості природних вод коливається не більше 15-30°. Тільки води болотного походження, багаті на гумус, можуть мати більш високу кольоровість. Для рибоводних цілей мало придатні води із кольоровістю вище 50°.

2.2. Хімічні показники якості води

Формування складу води. Процес формування складу води починається вже в атмосфері, де її в одинадцять разів більше, ніж у річках земної кулі. Цей обсяг води протягом року змінюється сорок разів. В атмосфері з повітря переходять у воду гази (кисень, двоокис вуглецю, аміак, азот та його оксиди), деякі солі (хлориди, сульфати, фосфати). Тут вода насичується мінеральними та органічними завислими речовинами та іншими компонентами, що є у повітрі. Вже у хмарах (дощ, сніг) вода містить значну кількість різних речовин, ще більше їх у атмосферних опадів, особливо у промислових районах. [8]

Завершується формування складу води після випадіння її на землю, де вона вимиває різні речовини із земної кори та змінює свій газовий склад. Процес вимивання залежить від температури, тиску та ряду інших факторів. Дощова вода, що містить сон, вуглекислоту, кисень, має більш підвищену здатність розчинення, ніж інші її види. На склад води, що надходить у водойму, впливає не тільки склад порід, з якими вона стикалася, а й ґрунти дна водойми, умови водного харчування, клімат, ландшафт, діяльність людини та ін.

Значно впливає також діяльність водних організмів. головних чином на газовий режим, вміст біогенних та органічних речовин, деяких іонів та на органолептичні властивості води. [15]

Будова молекули води. Хімічна формула чистої води добре відома – H_2O . Проте новітніми дослідженнями встановлено, що склад молекули води складніший у зв'язку з існуванням кількох ізотопів водню (H^1, H^2, H^3) та кисню (O^{15}, O^{16}, O^{17} та ін.). Тому до складу молекули води можуть входити різні ізотопи водню і кисню і в природній воді поряд із звичайними її молекулами, що мають молекулярну масу 18, є молекули з молекулярною масою 19, 20, 21 і 22. В даний час відомі 5 ізотопів водню та 6 ізотопів кисню, які можуть утворити 36 ізотопних різновидів води. Природна вода є сумішшю дев'яти ізотопних різновидів води, в якій 99,73% становить H_2O^{16} з молекулярною масою 18. Якщо до складу молекули води входить ізотоп водню дейтерій H^2 (зазвичай його позначають D), то таку воду називають важкою водою (D_2O). У дощовій воді важкої води майже немає, у воді річок її знаходиться до 150 г на 1 т, у замкнених озерах ще більше, ніж у струмках, що живлять. Збільшення кількості важких молекул надає воді більшої щільності. [9]

Різниця у зміні ізотопного складу води не позначається на хімічних її властивостях, дещо відбивається на фізичних і впливає на тварин та рослини – в одних випадках вона може уповільнювати, в інших стимулювати розвиток живих клітин.

Будь-яка молекула «є система з позитивних зарядів, зосереджених в ядрах атомів, що її утворюють. та з негативних зарядів електронів».

Якщо електростатичні центри позитивних і негативних зарядів не збігаються, то молекула має ніби два полюси – позитивний і негативний, які створюють навколо молекули силові поля, чому такі молекули називають полярними чи диполями.

Прикладом полярної молекули є молекула води, неполярної симетричної молекули газів O_2 , H_2 , N та ін. У молекулі води атоми водню розташовані навколо атома кисню несиметрично, не на кінцях прямої, проведеної через центр атома кисню ($H - O - H$), а під деяким кутом до нього, який визначений рівним 105° . Таким чином, у площинному поданні ядра атомів водню розташовані як би в кутах рівнобедреного трикутника, вершину якого займає ядро атома кисню. Два ядра водню несуть два позитивні заряди, а ядро кисню два негативні. Якщо уявити просторово розташування зарядів у молекулі, з'єднавши їх між собою прямими, вони виявляться на вершинах тетраедра. [8]

Чим далі один від одного розташовані в молекулі «центри тяжіння» позитивних і негативних зарядів, тим полярніша молекула. З цієї причини у молекули води полярність виражена сильніше, ніж у більшості інших речовин. Мірою полярності є дипольний момент добутку довжини диполя на величину заряду, пов'язану з будь-яким із її полюсів.

Величиною дипольного моменту характеризується ступінь тяжіння молекулою інших молекул. У молекул води дипольний момент порівняно з іншими речовинами вищий, ніж пояснюються аномалії води (найбільша щільність при $4^\circ C$, висока теплоємність, мала теплопровідність). Внаслідок високої полярності молекули води диполі взаємно переміщуються у електростатичному полі, яке вони створюють, розташовуючись по відношенню один до одного протилежно зарядженими полюсами. При тяжінні молекул один до одного можуть утворюватися агрегати з двох молекул води $(H_2O)_2$ - дигідроль, з трьох молекул (H_2O) , - тригідроль і складніші. Внаслідок високої полярності. Наявність агрегатів молекул вода мало летюча, тобто погано випаровується в порівнянні з іншими рідинами, має порівняно високу температуру кипіння, високу теплоємність. Перехід однієї форми води H_2O (гідроль) в іншу $(H_2O)_2$. (дигідроль та ін.) пояснюється її розширення при замерзанні, найбільша щільність при $4^\circ C$.

Розчинна здатність води. Від особливостей будови молекул води залежить і її здатність до розчиняти різні речовини, особливо мінеральні солі та інші неорганічні речовини, молекули яких у більшості полярні.

Більшість твердих речовин має кристалічну будову, і частинки їх розташовані у певному порядку в кристалічних ґратах, у вузлах якого знаходяться молекули або іони речовини. Молекули води своїми позитивними частинами притягують до себе негативні іони або частини молекул речовини, що розчиняється, а негативними частинами позитивні. Таким чином, відбувається руйнування кристалічних ґрат і подальша дисоціація молекул розчиненої речовини на іони.

Речовини, у яких у водних розчинах дисоціація на іони перевищує 30%, називаються сильними електролітами. Прикладами їх можуть бути соляна, сірчана, азотна кислоти, луги NaOH, KOH та майже всі розчинні солі. Дисоціація оборотна: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ \text{Cl}^-$.

Тому у водних розчинах поряд з іонами розчиненої речовини присутні і його молекули, тобто розпадається на іони лише частина речовини. Це залежить від природи речовини та інших умов. Відношення числа молекул, що розпалися, до загального числа розчинених молекул речовини показує ступінь його дисоціації, величина якої залежить від концентрації електроліту.

Вода – слабкий електроліт, але вона все ж таки дисоціює на іони: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$.

Кількість іонів незначна, але вона знаходиться в рівновазі з великою масою недисоційованих молекул води, яка може бути постачальником іонів, якщо порушиться з якихось причин рівновага. Тому багато речовин, розчиняючись у воді, вступають з нею в реакцію обмінного розкладання, яка називається гідролізом. Наприклад, при взаємодії солей з подою вони розкладаються на основу та кислоту. Цей процес оборотний і протікає так: $\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{HCN}$ або в іонній формі: $\text{Na}^+ + \text{CN}^- + \text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{HCN}$

+ HCN. Луг, що утворився (основа) NaOH є сильним електролітом і добре дисоціює на іони, а ціаністоводнева кислота - слабкий електроліт, дисоціація її незначна. В результаті при розчиненні NaCN у воді розчин набуває лужної реакції, оскільки носії кислотних властивостей іони водню зв'язуються в недисоційовані молекули HCN, а носії лужних властивостей - іони OH - завдяки гарній дисоціації NaOH залишаються надлишком у розчині. Всі інші солі, утворені (подібно до NaCN) сильною основою і слабкою кислотою, матимуть у розчинах лужну реакцію. [8]

Органічні речовини розчиняються у воді меншою мірою, ніж мінеральні, а високомолекулярні органічні речовини взагалі не розчиняються. Добре розчиняються ті речовини, які містять у своєму складі полярні групи атомів, наприклад -OH, -NH₂, -COOH. Деякі органічні речовини утворюють з водою колоїдні розчини. На відміну від істинних розчинів (їх називають також молекулярно-іонними), в яких розміри частинок речовин не перевищують 10⁻⁷ см, тобто знаходяться в молекулах та іонах, в колоїдних розчинах частинки складаються з цілих груп молекул н іонів та розміри їх досягають 10⁻⁵ см. Однак виявити їх можна тільки під ультрамікроскопом. Органічні речовини, що утворюють колоїдні розчини, іноді мають у своєму складі різні елементи сірку, фосфор, азот, вуглець та ін.

Речовини, що знаходяться у воді в частках, розміри яких перевищують 10⁻⁵ см, утворюють з нею вже не розчини, а суспензії, частинки знаходяться тут у дрібно-розсіяному стані і можуть довго не осідати. Як приклад можна навести глиняні суспензії, які є дуже стійкими. Більші частинки речовин утворюють у воді суспензії (зважені речовини). При розчиненні рідин у воді спостерігаються наступні випадки: а) рідина не розчиняється у воді, наприклад масло, і при збовтуванні може утворюватися лише емульсія, яка при стоянні поділяється на два шари: б) рідина розчиняється у воді і вода росте вариться в рідині, наприклад при змішуванні ефіру з водою при відстої утворюються два шари: верхній - розчин води в ефірі, нижній - розчин ефіру у воді; в) рідини

розчиняються у воді в необмежених кількостях, наприклад спирт, кислоти та ін.

З газів добре розчиняються у воді тільки ті, які вступають з нею у хімічну взаємодію (H_2S , SO_2 , CO_2 , NH_3 та ін.), що не взаємодіють з водою (O_2 , N_2 та ін.) розчиняються в ній гірше.

Розчинність газів у воді залежить не тільки від природи газів, а й від температури, тиску та мінералізації. З підвищенням температури розчинність знижується, а з підвищенням тиску зростає. Зростання мінералізації води знижує розчинність газів. Найбільш розчинні у воді CO_2 і H_2S . Проте практично сірководень не може накопичуватися в поверхневому горизонті води водойм, тому що парціальний тиск в атмосфері дорівнює нулю і він виділятиметься в атмосферу. Згідно з газовим законом, розчинність газу в рідині при постійній температурі прямо пропорційна тиску, під яким знаходиться рідина. Отже, чим більше молекул газу перебуватиме у певному обсязі його над поверхнею рідини, тим більше його розчиниться в ній.

Розчиняються гази у воді дуже повільно. Розчин може зрости при перемішуванні та при сильній течії, при зростанні тертя між поверхневими шарами води з атмосферним повітрям під час вітрів, особливо при низьких температурах.

Розчини. Розчинність твердих речовин та концентрацію розчинів найчастіше виражають в одиницях маси, а рідин – в об'ємних. Межа розчинності кожної речовини для певної температури характеризується її коефіцієнтом розчинності. Коли ця межа досягнута, утворюється насичений розчин при охолодженні якого надлишок речовини випадає в осад. Таким чином, між насиченим розчином над осадом та осадом існує рівновага.

Будь-яка його зміна тягне за собою випадання або розчинення осаду та посилення дисоціації. Якщо речовина розчиняється з поглинанням тепла (що спостерігається найчастіше), то розчинність його з підвищенням температури

зростає, а у речовин, розчинну з тепла, вона зменшується. У деяких речовин розчинність зростає при підвищенні температури лише до певної межі, а потім вона падає.

Розчинення рідин у воді також відбувається з виділенням чи поглинанням тепла. Іноді при розчиненні рідин відбувається зменшення об'єму. Наприклад, при розчиненні 50 мл спирту в 50 мл води утворюється 96,3 мл розчину.

Концентрацію неточних водних розчинів твердих речовин виражають у масових відсотках, а точних розчинів у грам-молекулах, грам-еквівалентах в 1 л розчину або титром. У відсоткових розчинах вказується вміст грамів речовини в 100 г розчину, а не в 100 мл його. У слабких розчинах її можна виражати і в 100 мл, тому що помилка буде незначною та її можна не враховувати. Число грамів речовини, що міститься в 1 мл розчину, називають його титром. Розчини з певним титром називаються титрованими, а процес встановлення титру - титруванням. [8]

Склад води. У природі немає абсолютно однакових вод. Тому дуже важко дати якийсь загальний критерій визначення нормального складу води, нормального гідрохімічного режиму водойми. Під складом води прийнято розуміти весь складний комплекс мінеральних та органічних речовин, розчинних у ній, а також колоїдів, газів та іонів, що є складовою води.

На сьогоднішній день у природних водах знайдено 45 хімічних елементів і є всі підстави вважати, що надалі будуть відкриті всі хімічні елементи, які є на нашій планеті. Більшість елементів знаходиться у воді у вигляді іонів, деякі в колоїдному стані. Гази знаходяться в молекулах, органічні речовини в колоїдному та молекулярному стані.

Найбільш важливими складовими частинами прісних вод є аніони та катіони HCO_3 , CO_3 , Cl , SO_4 ; Ca , Mg , Na , K ; гази O_2 , CO_2 , H_2S . У малих кількостях у воді зустрічаються Br , I , F , HPO_4 , H_2PO_4 , SO_3 , HSO_3 (гідросульфит-

іон), S_2O_3 ; (тіосульфат-іон). кремнієва кислота H_2SiO_3 , $x SiO_2$ у H_2O , $HSiO_3$; (гідросилікатний іон), іони заліза Fe^+ і Fe^- , Mn , із газів N_2 , CH_4 .

Інші речовини перебувають у розсіяному стані. З деякою умовністю О. А. Алекін рекомендує хімічні складові частини природних вод поділяти на такі групи: розчинені гази, головні іони, біогенні речовини, мікроелементи, органічні речовини.

Двоокис вуглецю. Цей газ майже завжди є у воді прісноводних водойм у розчиненому стані та частково (близько 1%) у вигляді вугільної кислоти H_2CO_3 , що утворюється від взаємодії вуглекислого газу з водою. Визначають їх зазвичай спільно, тому під поняттям вільна вугільна кислота або вуглекислота мають на увазі їхню суму ($CO_2 + H_2CO_3$). Вміст двоокису вуглецю влітку коливається в поверхневих природних прісних водах від десятих часток міліграма до 3-4 мг/л, іноді і до 10-12 мг/л, взимку воно значно зростає, досягаючи 20-40 мг/л і вище.

При високій мінералізації та лужній реакції (рН вище 8,5) вільна вуглекислота у воді відсутня.

Утворення та накопичення вуглекислоти у воді відбувається за рахунок дихання водних організмів. протікання біохімічних процесів, різних видів бродіння, процесів, що відбуваються в глибинах Землі, та меншою мірою від надходження її з повітря. Незважаючи на хорошу розчинність, перешкодою для надходження її з повітря є невеликий парціальний тиск двоокису вуглецю в атмосфері, оскільки його дуже мало в повітрі (0,03%). З повітря вона надходить у воду лише у випадках, як у воді вуглекислоти залишається дуже мало внаслідок інтенсивного протікання процесів фотосинтезу.

Наявність у воді вуглекислоти має велике значення для водних рослин, для яких вона є джерелом вуглецю. Від присутності у воді CO_2 залежить активна реакція води. Надлишок вуглекислоти негативно впливає на водні організми. Внаслідок легкої взаємодії двоокису вуглецю з іншими речовинами

та переходу її в атмосферу вона відіграє велику роль у кругообігу вуглецю в природі. [8]

Інші гази. У природних водах іноді зустрічається сірководень, але це дуже рідкісне явище. У поверхневих горизонтах його не може бути з розглянутих вище причин. Крім того, сірководень легко окислюється. У придонних шарах води сірководень іноді може утворюватися при біохімічних процесах та утрудненій аерації води. Кисень при цьому у воді відсутній.

Наявність сірководню в поверхневих горизонтах води вказує на її забруднення органічними речовинами або сульфатами. При розпаді органічних речовин, що містять білок, відбувається поглинання кисню та виділення H_2S . Сульфати, що надходять у водойму зі стічними водами, відновлюються тіобактеріями до сірководню.

У деяких озерах у придонних шарах може зустрічатися в невеликих кількостях метан CH_4 , що утворюється при розкладанні в мулі рослинних решток.

Кислотність. Під загальною кислотністю (потенційна кислотність) води та розчинів розуміється вміст у них речовин, що вступають у реакцію нейтралізації з сильними основами. Визначення рН не дає уявлення про загальну кислотність, тому що при цьому встановлюють лише концентрацію вільних активних іонів водню. У природних прісних водах кислотність утворюють вільна вугільна кислота, а також гумінові та інші слабкі кислоти. У болотних гумусових водах кислотність іноді обумовлюється наявністю вільної сірчаної та соляної кислот. У всіх таких водах рН все ж таки не знижується нижче чотирьох.

Лужність (лужний резерв). Характерною особливістю прісноводних водойм є те, що більшість наявних у них лужноземельних (Ca, Mg) і лужних (K, Na) металів пов'язано зі слабкими кислотами (вугільною, фосфорною, борною, кремнієвою) і є у воді в вигляді їх солей. Цих металів більше, ніж тих,

що пов'язані із сильними кислотами. Надмірна частина цих металів (Ca, Mg, Na, K), так званий лужний резерв, і зумовлює лужність води, тобто її здатність вступати в реакцію з сильними кислотами (з іонами H), тобто здатність зв'язувати кислоти.

У природних поверхневих водах лужність обумовлена переважно гідрокарбонатами та карбонатами кальцію, частково магнію та рідко наявністю основ, фосфатів, боратів та силікатів. Кількість останніх невелика. Визначають лужність титруванням сильними кислотами, зазвичай 0,1 н. розчином HCl у присутності індикатора метилоранжу або фенолфталеїну. Тому розрізняють лужність з метилоранжем або фенолфталеїном. У практиці зазвичай користуються лужністю, визначеною з метилоранжем.

Виражається лужність у мілілітрах кислоти, що пішла на титрування 100 мл досліджуваної мг-екв HCO_3 . За лужністю можна судити про кількість у воді вуглекислих солей та солей інших слабких кислот, орієнтовно та про кількість присутніх у воді іонів кальцію та магнію.

Лужність природних вод зазвичай коливається від десятих часток мілілітра до 10 мл/л. Болотяні води мають лужність нижче 0,5 мл/л. За наявності у воді гідрокарбонатів та карбонатів лужних металів лужність може бути вищою за 10 мл/л. Те саме може спостерігатися при надходженні у воду забруднень.

Іонно-сольовий режим. Мінералізація води прісноводних водойм обумовлюється в основному розчиненими в ній вуглекислими солями і меншою мірою хлоридами та сульфатами. Солі надходять у водойми з ґрунтовими та поверхневими водами. Витрачаються вони з води в результаті життєдіяльності живих організмів і протікання фізико-хімічних процесів, що супроводжуються осадженням деяких речовин.

За вмістом у воді розчинних солей, тобто за загальним вмістом у ній іонів, водоймища, за Алекіним поділяються на 4 групи: з водою малої мінералізації

(до 200 мг/л); з водою середньої мінералізації (200-500 мг/л); з водою підвищеної мінералізації (500-1000 мг/л); з водою, що містить понад 1000 мг/л мінеральних речовин. І. В. Баранов пропонує додати ще п'яту групу вод з вельми високою мінералізацією, у яких сума іонів перевищує 10 г/л. У природі такі води трапляються рідко. У більшості річок земної кулі води належать до першої та другої груп. [8]

Жорсткість води. Наявність у воді катіонів кальцію, магнію, а в деяких випадках натрію, калію, марганцю, закисного заліза, алюмінію, пов'язаних з різними аніонами, обумовлює жорсткість води. Розрізняють жорсткість: загальну, яка визначається сумою катіонів ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) незалежно від того, з якими аніонами вони пов'язані; карбонатну, коли катіони кальцію та магнію (іноді та інші) пов'язані з аніонами вугільної кислоти; некарбонатну, коли катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} пов'язані з аніонами інших кислот знаходяться у воді у вигляді хлоридів, сульфатів, нітратів, фосфатів. Ці солі зумовлюють жорсткість переважно мінеральних вод, а чи не прісних. Крім названих видів жорсткості розрізняють ще постійну жорсткість води та усуну (тимчасову). При стоянні води на повітрі або при кип'ятінні (близько 1 год) розчинні бікарбонати розкладаються і перетворюються на малорозчинні карбонати, що випадають в осад з виділенням CO_2 . В результаті жорсткість зменшується на деяку величину, яка називається усунною жорсткістю. Величина жорсткості, що залишилася, являє собою постійну жорсткість.

Відомо, що в жорсткій воді зменшується розчинність сполук заліза, надлишок якого негативно позначається на водних організмах. Знижується у твердій воді токсичність солей важких металів. Є дані про зниження токсичності у жорсткій воді сірчистого натрію, аміаку, сірчаної та соляної кислот та деяких інших речовин. Поряд з цими даними є й інші, згідно з якими токсичність ряду речовин (перхлорати, ПАР) у твердій воді не знижується, а в деяких речовин навіть зростає або проявляється так само, як і в м'якій воді.

Запитання про залежність токсичності від жорсткості для багатьох речовин остаточно ще не виявлено.

Однією з причин підвищення жорсткості води може бути розкладання органічних речовин, у результаті якого утворюється вугільна кислота, що сприяє виділенню із ґрунту солей кальцію та магнію. Може жорсткість збільшитися і за рахунок підтоку жорстких вод та надходження у водойму сильно мінералізованих стільникових вод, наприклад стоку содових заводів та ін.

Мікроелементи. У природних водах вони знаходяться в дуже низьких концентраціях - у сотих і тисячних частках мг/л (мкг) і навіть у менших кількостях, що пов'язано з малою їх розчинністю і поглинанням водними організмами. Крім того, їх іони здатні зв'язуватися у воді з іонами СО, НРО, ОН в малорозчинні сполуки, а також утримуватися різними сорбентами (глинисті мінерали, органічні речовини та ін.). До цієї групи належать багато металів, в основному важкі та аніоногенні елементи - фтор, бром, йод, бор.

Багато мікроелементів є біогенами і входять до складу тканин водних організмів, до складу крові, ферментів, вітамінів тощо. У зв'язку з малим вмістом мікроелементів у різних водах вивчені вони недостатньо, як і форми їх знаходження. Залежно від розчинності з'єднань, що утворюються ними, мікроелементи можуть знаходитися у воді у вигляді суспензій, молекулярно-іонних розчинів, колоїдних розчинів, а також у вигляді розчинних органічних комплексів, які утворюються в більшості дво-, тривалентними металами з гуміновими кислотами та іншими речовинами.

Нікель, кобальт у міліну входять до складу водних організмів і дуже впливають на процеси обміну речовин. У водних рослинах на 100 г сухої маси припадає нікель 0,3 мг, кобальт до 0,07 мг, міліни до 1 мг, у тварин відповідно 0,04-2,5; 0,05-0,5; 04-50 мг. Їх недолік чи надлишок в організмах н навколишньому водному середовищі позначаються негативно.

Гранично допустимі концентрації цих металів у воді рибогосподарських водойм: 0,01 мг/л Ni, 0,015 мг/л Co; 0,01 мг/л Cu.

Марганець часто супутник заліза. У водоймища надходить у вигляді розчинних солей, в основному гідрокарбонатів Mn (НСО), і важкорозчинних сполук - карбонатів, гідроксидів, що осідають на дно і накопичуються в мулових відкладеннях. Придонні води більш багаті на марганець, ніж поверхневі. Знаходиться він біля дна головним чином більш активної іонної форми, а поверхневих шарах в колоїдній. Іноді концентрації його біля дна досягають кількох міліграмів у літрі води. Зазвичай у природних водах вміст марганцю коливається від тисячних часток міліграма до сотих, рідко до десятих часток на 1 л води. В озерах і ставках його дещо більше, ніж у річках, навесні та взимку більше, ніж улітку.

У малих концентраціях (0,001-0,002 мг/л) він стимулює ріст водоростей, а концентрації до десятих часток міліграма отруйний. ГДК марганцю для води рибогосподарських водойм не встановлено. Для водопровідної води ГДК не більше 0,3 мг/л.

Органічні речовини. Органічні речовини надходять у водойми з водозбірної площі внаслідок вимивання з ґрунтів. В основному це продукти розпаду відмерлих тварин і рослин, які перетворилися на своєрідний комплекс, який називається перегноем або гумусом. Органічні речовини утворюються і в самому водоймі внаслідок життєдіяльності водних організмів в основному рослин, і при їхньому розпаді після загибелі.

Органічні речовини (крім тих, що живуть в організмі) знаходяться у воді у зваженому стані (частки відмерлих рослин і тварин і сорбовані на суспензіях), у розчиненому (іонно-молекулярному) і колоїдному вигляді. Одні з них легко засвоюються бактеріями, інші важко (водний гумус). Склад органічних речовин складний, різноманітний та недостатньо вивчений. Середній вміст неживої органічної речовини у річкових водах становить

приблизно 20 мг/л, що у кілька разів вище за вміст живої органічної речовини. У підземних водах органічних речовин менше, ніж у поверхневих.

2.3. Біологічні показники якості води

Біологічні методи оцінки якості води та ґрунтів поділяються на бактеріологічні та біологічні. Бактеріологічні дослідження, з санітарно-гігієнічної точки зору, ведуться у двох напрямках: визначення числа мікроорганізмів в одиниці об'єму (зазвичай в 1 мл води або в 1 г ґрунту) для встановлення чистоти води та визначення їх пологів та видів для виявлення її зараженості патогенними мікроорганізмами з метою запобігання епідеміям.

З рибогосподарських позицій представляє більший інтерес виявлення не патогенних мікроорганізмів, а мікроорганізмів, що руйнують забруднення, що надходять у воді, і беруть участь у кругообігу речовин (азоту, вуглецю, фосфору, сірки). Склад та кількість мікрофлори у воді (ґрунтах) водойм є показником її якості. Мікрофлора може бути автохтонною, тобто властивою даній водойми, і алохтонною, що надійшла ззовні, наприклад зі стічними водами та іншою.

Загальна кількість мікроорганізмів у воді різних придонних водойм та їх ділянок за прямим рахунком схильна до великих коливань, особливо за сезонами року: найменша кількість їх буває взимку, найбільша в теплі періоди року. Це пояснюється тим, що інтенсивність обміну у більшості бактерій підвищується в межах температур 20-25°C та зообентосу, для яких вони є їжею.

Непрямий вплив чисельність мікроорганізмів надає фітопланктон, засвоює органічне речовина, у результаті затримується розвиток бактерій. Вплив світла на чисельність бактерій та їх розподіл у товщі води незначний. Загальна чисельність бактерій у воді водойм досягає сотень тисяч в 1 мл води та мільйонів в 1 г сирого ґрунту. [23]

Фізико-хімічні та бактеріологічні показники якості води характеризують її тільки в момент відбору проб на тій ділянці, де ці проби були відібрані. Біологічні показники якості води, отримані на основі дослідження розподілу організмів, що постійно мешкають у ній, дають більш широке уявлення про її якість, причому не тільки на момент проведення досліджень. При біологічних дослідженнях вивчають не лише воду, а й всю водойму в цілому, її населення, ґрунти, перебіг біохімічних процесів та інші фактори, що впливають на умови проживання водних організмів.

Природні водойми населені організмами, що по-різному реагують на зміну середовища їх проживання. Одні з них більше, інші менш чутливі до несприятливих дій. Тому під впливом змін у водоймі (і зокрема забруднень) одні організми гинуть, інші, навпаки, в нових умовах починають посилено розвиватися. Наявність у водоймі чутливих організмів вказує на хороші якості води, а малочутливих свідчить про його забруднення, причому кожна ступінь забруднення характеризується наявністю певної групи організмів. [8]

Організми, що мають комплекс фізіологічних особливостей, що зумовлюють їхню здатність жити і розвиватися в забруднених водах, називаються сапробними організмами. Ці організми називають також показовими, керівними чи індикаторними. Вони показують ступінь органічного забруднення з не меншою точністю, ніж фізико-хімічний аналіз. У випадках, коли методи хімічного визначення деяких забруднювачів (речовин) недостатньо розроблені або відсутні, застосування біологічного аналізу особливо доцільне. В останні роки у зв'язку з розвитком нових виробництв, що скидають – в стічні води з невідомим або мало вивченим складом, біологічний метод набуває особливо важливого значення.

За рівнем сапробності всі індикаторні організми поділяються на полімезо- та олігосапробні, а водоймища (зони), в яких вони мешкають, поділяють відповідно на полісапробні водоймища (води), мезосапробні та олігосапробні.

Полісапробні підйоми (води) характеризуються майже повною відсутністю кисню, наявністю вуглеводів та вмістом великої кількості білкових речовин, розпад яких відбувається в анаеробних умовах з переважанням відновлювальних процесів, що веде до утворення сірководню, двоокису вуглецю. Такі води здатні до швидкого загнивання. [10] Для полісапробної зони характерна наявність малої кількості видів та масовий розвиток деяких з них, головним чином споживачів органічної речовини (консументів). Кількість бактерій у воді досягає сотень тисяч і мільйонів клітин в 1 мл, особливо багато сірчаних бактерій, дуже багато інфузорій, безбарвних джгутикових, рослини відсутні. У мезосапробних водоймах кисень у воді вже є, вуглекислий газ, аміак і сірководень зустрічаються в незначних кількостях, білки, що не розклалися, відсутні. Ці водоймища розбивають на дві групи: на а- та в-мезосапробні.

В а-мезосапробних водоймах (зонах), що займають проміжне положення між полісапробними і В-мезосапробними, розпад органічних речовин відбувається вже в присутності невеликої кількості кисню в напіванаеробних умовах і відбувається в напрямку окислювально-відновних процесів. Тому у воді є аміак, амінон амінокислоти, сірководень, двоокис вуглецю. Води цієї зони здатні загнивати, в них мешкають бактерії (сотні тисяч в 1 мл), інфузорії, зелені джгутикові, синьо-зелені водорості, деякі коловратки, молюск *Sphaerium corneum*, личинки двокрилих, личинки мух. Потреба організмів у кисні незначна.

У в-мезосапробних водоймах (зонах) кисень присутній у достатній кількості. У розпаді органічних речовин переважають окислювальні процеси. Мінералізація протікає до кінцевих продуктів. У воді є аміак, нітрити, нітрати, трохи вуглекислоти, може бути в незначних кількостях сірководень, амінокислот немає. Вода чистіша і не загниває. Населення цих вод характеризується різноманітністю видів організмів, що посилено споживають кисень. Однак чисельність та біомаса їх нижча, ніж у а-мезосапробній зоні. Тут

мешкають і розвиваються зелені, синьо-зелені, діатомові та протококові водорості, інфузорії, коловратки, молюски, численні ракоподібні, риби, живуть і розвиваються квіткові рослини (роголістник та ін.). Бактерій налічується десятки тисяч на 1 мл води.

Олігосапробні водоймища (зони) характеризуються чистою водою, досить насиченою киснем. У ній мало вуглекислоти, немає аміаку, сірководню, нітритів, але можуть бути нітрати як кінцеві продукти окислювальних біохімічних процесів мінералізації органічної речовини. З'єднання металів перебувають у окисних формах. Вода не загниє. Зміст у ній бактерій трохи десятки сотні на 1 мл. Проживаючі організми характеризуються великою потребою у кисні. Населення різноманітне у видовому відношенні та бідне у кількісному. У цих водоймах мешкають і розмножуються різні види водоростей, особливо *Melosira italica*, губки, коловратки, мшанки, гіллястовусі рачки, личинки поденок, веснянок, молюски, риби (форель, гольян, стерлядь та ін), багато квіткових рослин. Іноді виділяють ще четверту групу індикаторних організмів, так званих катаробів.

2.4. Основні джерела забруднення водойм

Перш ніж розглядати джерела забруднення водойм, необхідно встановити, що розуміється під забрудненням, яку воду слід вважати чистою та забрудненою.

Незважаючи на простоту цього питання, він суперечливий і єдиної відповіді на нього досі немає. Пояснюється це тим, що поняття чиста вода і забруднена вода досить умовні, вони характеризують не властивості води, а вимоги до води з боку різних водокористувачів. Кожного водоспоживача цікавить лише ті властивості води, які визначають придатність її для потреб даного виду водокористування. За наявності цих властивостей вода вважається чистою, за відсутності забрудненою.

Наприклад, вода, яка використовується в харчовій промисловості, вважається чистою і придатною, якщо вона не має запахів, присмаків, не містить великої кількості солей, особливо солей заліза. Водночас наявність запахів та присмаків не має серйозного значення в оцінці якості води, яка використовується для подачі котлів. Але ця вода не повинна містити більших кількостей бікарбонатів і сульфатів кальцію, магнію, стронцію, хлоридів та нітратів кальцію, сульфатів алюмінію, заліза та взагалі великої кількості солей. оскільки в цьому випадку можлива корозія арматури та котлів та утворення накипу в останніх.

У питній воді для населення не повинно бути плаваючих плівок, шкідливих бактерій, що викликають захворювання, та великої кількості солей. Вона не повинна мати забарвлення, запаху, присмаків. Вода, що містить багато солей і хвороботворні бактерії, неприйнятна і в сільському господарстві для напування худоби, але може бути використана для інших цілей.

Вода, що використовується в промисловості для охолодження апаратури, не повинна мати великої кількості завислих речовин, а також речовин, що сприяють слизоутворення. Вона не повинна мати низького показника рН та великої кількості корозійних газів (кисню, двоокису вуглецю), щоб не виникала корозія. У той же час наявність кисню та двоокису вуглецю не є негативним показником для води, що використовується під час виробництва хороших сортів паперу. Але вода для цих цілей не повинна містити заліза, марганцю, великої кількості розчинних та завислих речовин. Вона не повинна мати високу кольоровість і жорсткість і не повинна мати великої кількості планктонних організмів.

Останніми роками в низці країн запроваджено або починає вводитися водне законодавство з охорони водойм від забруднення, яке встановлює державні норми якості води. У зв'язку з цим виникла гостра необхідність уточнення термінів забруднена вода, чиста вода і щодо цього є певні

досягнення. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) опублікувала Міжнародні та Європейські стандарти питної води.

У правилах охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами, також дається визначення цього поняття: «Поверхневі води (річка або інша водойма) вважаються забрудненими, якщо їх склад або властивості змінилися під прямим або непрямим впливом виробничої діяльності та побутових умов населення і вони стали внаслідок цього непридатними для одного або кількох видів водокористування. Це визначення нашої країні має чинність державного документа.

При встановленні критерію якості води із загально біологічних позицій, мабуть, слід санітарно-гігієнічні та рибогосподарські вимоги до чистоти води об'єднати. Так, власне і надходить Н. С. Строганов, який у своїй роботі «Забруднення вод і завдання водної токсикології» дає визначення чистої та забрудненої води: “З біологічної точки зору ми можемо вважати чистою ту воду, в якій можуть нормально існувати корисні людині біоценози які не приносять шкоди здоров'ю людини ні прямо, не побічно. Якщо ж ці властивості змінені на гірший бік внаслідок тієї чи іншої діяльності людини, то ми можемо говорити про її забруднення”. [8]

У більш ранньому формулюванні Н. С. Строганова забрудненням вважалися ті випадки, коли біологічні процеси у водоймі змінилися внаслідок діяльності людини і протікають не на користь людини. У тому та іншому формулюванні автор рекомендує вважати воду забрудненою, коли погіршення її якості відбувається під впливом діяльності людини, тобто природні забруднення не враховуються. У той же час вони можуть бути дуже суттєвими і повз них проходити не можна.

2.5. Забруднення природного походження

Велика кількість природних забруднень надходить у водоймища навесні з паводковими водами, у складі яких є розчинні та нерозчинні забруднюючі

речовини: рослинні залишки, продукти розмивання берегів, сміття, деякі речовини, що вимиваються з ґрунтів, і т. д. Багато суспензій та інших забруднень може надходити у водойми під час дощів, злив, відлиг, з утвореними стоками.

Найбільш сильне природне забруднення спостерігається внаслідок розвитку у водоймах у великій кількості різних водоростей, що призводить до так званого цвітіння води. Залежно від природи і кількості водоростей, що розвиваються, цвітіння може відігравати не тільки негативну, але іноді й позитивну роль, прискорюючи самоочищення води. При сильному цвітінні різко погіршуються фізико-хімічні властивості води та у водоймі можуть виникати навіть заморні умови для риб.

Досить значно водоймище може бути забруднене внаслідок накопичення в ньому органічної речовини, особливо в донних відкладеннях, за рахунок відмирання рослинних і тваринних організмів і принесення ззовні. Наявність великої кількості органічних речовин є сприятливим середовищем для розвитку бактерій і протікання біохімічних процесів, внаслідок яких поглинається розчинений кисень поділяються шкідливі продукти їхнього розпаду (H_2S , CO , NH_3 , та ін). При сильному хвилюванні змучуються донні відкладення, що може погіршити фізико-хімічні властивості води і, зокрема, посилити поглинання кисню на окислення органічних речовин цих відкладень. Найбільше це проявляється в озерах, а також у водосховищах, особливо в приплотинних ділянках, де поступово накопичуються донні відкладення.

У природних водоймах є й інші природні та близькі до них забруднення, які не є наслідком активної діяльності людини. Деяка кількість, наприклад, забруднень надходить у водоймища при водопої та купанні диких тварин, при засміченні їх відмерлою деревиною тощо, цих речовин з підстилаючих водоймищ земних порід.

2.6. Забруднення викликані діяльністю людини

В результаті діяльності людини в біосферу і, зокрема, у водоймища надходить велика кількість різних забруднень у рідкому, твердому, колоїдному та емульгованому стані. Крім того, деякі забруднення, як зазначалося, у газоподібному вигляді викидаються в атмосферу, а потім з опадами надходять у водойми.

Усі їх можна розділити на такі основні групи: побутові забруднення, промислові забруднення, забруднення від водного транспорту, від лісосплаву, забруднення отрутохімікатами, добривами, поверхнево-активними та радіоактивними речовинами. Побутові забруднення у минулому були основним джерелом забруднення водойм. Вони являють собою побутові скидання від населених місць, стоки та відходи від тваринницьких господарств. У ці стоки зазвичай надходять і дощові змиви. Основними їх складовими частинами є різні харчові та інші покидьки та розчинні, зважені та емульговані органічні речовини. В останні роки в міські каналізації побутових стічних вод стали надходити і промислові забруднювачі з виробничими стічними водами.

Промислові забруднення в даний час є основним джерелом забруднення водойм. Це органічні та мінеральні відходи від різних виробництв і промислів, залишки використовуваних у технологічних процесах сировини та реагентів. Найбільша кількість їх надходить у водойми у вигляді виробничих стічних вод, теплих вод від теплових та атомних електростанцій та інших виробництв, частково у вигляді змивів із забруднених берегів та місць зберігання відходів, а також у вигляді окремих твердих та напіврідких викидів. [8]

Склад стічних вод різноманітний, скидання велике, незважаючи на здійснення великих заходів щодо його скорочення та зменшення утворення промислових стоків. Найбільша кількість та найбільш шкідливих відходів надходить у водойми зі стічними водами хімічної, нафтової, нафтохімічної,

целюлозно-паперової промисловості, підприємств органічного синтезу, гірничо-рудної, металургійної промисловості та з шахтними водами. Зі зростанням нових виробництв утворюються часто стічні води з невивченим складом.

Ядохімікати, добрива, виробництво яких посилено розвивається в останні десятиліття, широко застосовуються в лісовому, сільському господарстві та в інших галузях. Це, зокрема, різні пестициди для боротьби зі шкідливими комахами (інсектициди), бур'янами (гербіциди), з водною рослинністю (альгіциди) та для інших цілей. В даний час щорічно у всьому світі застосовується понад 1 млн. т пестицидів.

Одночасно сильно збільшується вироблення та застосування у великих кількостях хімічних добрив. Всі ці речовини тим чи іншим шляхом надходять у водойми і є одним з основних джерел їх забруднення. Відбувається це не тільки в результаті скидання у водойми стічних вод підприємств, що виробляють ці речовини, і в результаті прямого потрапляння отрутохімікатів у водоймища при розбризуванні та розпорошенні їх з літаків, а й унаслідок змивання їх дощовими водами з поверхні ґрунтів, дерев, кущівників, трав і т. д. Наступним джерелом забруднення водойм є стоки, у складі яких є поверхнево-активні речовини (ПАР) і приготовані з них синтетичні миючі речовини (детергенти, СМВ), які в останні роки отримали широке застосування в промисловості та побуті. Внаслідок цього вони у великих кількостях стали надходити до водойм. [21]

Водний транспорт також є одним із основних джерел забруднення водойм, особливо нафтопродуктами. У ряді басейнових пароплавств погано організовано збір із суден відпрацьованих нафтопродуктів інших забруднень достатньої кількості внаслідок необхідних неприймачів або недостатньої їхньої ємності, чому останні не можуть обслужити весь самохідний водний транспорт, що курсує в даному басейні. Внаслідок забруднення, що утворюються на судах, повністю або частково скидаються у водойми. Велика

кількість забруднень від водного транспорту надходить у водоймища та в результаті витоків нафтопродуктів, промивання нафтоналивних барж та танкерів та при аварійних викидах.

Нарешті, в середині поточного століття з'явилося нове потужне джерело забруднення водойм радіоактивні речовини, які стали надходити у водойми у зв'язку з їх видобутком і широким використанням атомної енергії в різних галузях народного господарства та поховання радіоактивних відходів. Радіоактивні забруднення на відміну від інших дуже стійкі і небезпечні для живих організмів. При надходженні їх у водойму виникає забруднення не лише води та ґрунтів, а й усієї флори та фауни.

2.7. Класифікація забруднень за їхнім впливом на водні організми

Під впливом забруднень у водоймищах відбуваються первинні, вторинні та третинні зміни. Первинні зміни виникають під час прямого впливу забруднень на водойми. Виражаються вони у зміні фізико-хімічних та біологічних властивостей води, її складу, температури, газового режиму та інших умов проживання гідробіонтів.

Первинні зміни надалі посилюються складним ланцюгом вторинних змін, що виникли від взаємодії забруднюючих речовин одна з одною або зі складовими частинами води, внаслідок чого утворюються нові речовини, що негативно впливають на водні організми. Може відбуватися гниття і бродіння донних відкладень з утворенням токсичних речовин, посилення або ослаблення ходу біохімічних процесів у воді та ґрунтах, процесів самоочищення води та мінералізації тощо. Все це призводить до подальшого погіршення гідрохімічного режиму та умов проживання водних організмів.

Таким чином, первинні та вторинні зміни позначаються на абіотичному середовищі проживання всіх екологічних груп гідробіонтів від найпростіших до риб, наслідком цього є третинні зміни. Порушується складний комплекс

взаємозв'язків риб та інших гідробіонтів із зовнішнім середовищем та взаємовідносини між організмами, що живуть у водоймі, може порушитися весь життєвий цикл їх розвитку, починаючи з запліднення кінчаючи статевозрілими формами. Починають розпадатися біоценози внаслідок вимирання чутливих до забруднення організмів та заміни їх малочутливими. Усе це зазвичай призводить до зниження біологічної продуктивності водойм, а часом і до знищення рибних запасів.

Характер і ступінь змін, що відбуваються у водоймищах під впливом стічних вод та інших відходів і викидів, залежить від їх кількості, складу і якості забруднювачів (компонентів), що входять до них, від умов скидання у водойми забруднювачів (короткочасний, довший), а також від особливостей водойм - проточності, швидкості течії. Фізико-географічного положення, гідрохімічного режиму тощо.

З рибогосподарських позицій в основу класифікації забруднень має бути покладено принцип впливу їх на режим водойм та водні організми. Існуючі класифікації побудовані в більшості за іншими ознаками, і в них класифікуються тільки стічні води без урахування інших забруднень. Так, у санітарно-гігієнічній практиці та в промисловості стічні води класифікують за походженням на побутові або господарсько-фекальні, виробничі (промислові), дощові або атмосферні. Забруднювачі всіх цих стічних вод класифікують за хімічним складом (органічні, мінеральні) та за фізичним станом (розчинені, колоїдні та нерозчинені). Виробничі стічні води поділяють також на забруднені та умовно-чисті. Останній термін повністю застарів і якнайшвидше повинен бути виключений з оцінки якості води, тим більше, що не користування його дуже часто вводить в оману контролюючі організації. Різноманітність промислових стічних вод створює труднощі для розробки загальної їх класифікації, тому останнім часом з'явилося багато класифікацій промислових стоків за окремими галузями промисловості. Побудовані вони в основному за принципом об'єднання стічних вод у групи за походженням або

за складом, за переважаючими забруднювачами з метою пошуку найкращих схем та методів їх очищення або з метою допустимості повторного використання стічних вод у системі оборотного водопостачання. Виходячи з останнього принципу, стічні води, наприклад, хімічних та нафтохімічних підприємств поділяють на дві групи: А прийнятні для оборотного водопостачання та Б неприйнятні.

В основу деяких більш ранніх класифікацій покладено класифікацію не стічних вод, а їх забруднювачів, які поділяються на органічні та мінеральні, розчинні та нерозчинні, отруйні та неотруйні. Г. В. Хлопін класифікує не стічні води, а джерело забруднення водойм (гірська промисловість обробка металів і т. д.) поділяючи їх десять груп. Інші автори теж класифікують забруднювачі, але з їхньої дії на водні організми та водойми. Так, Елліс (за Л. А. Лесніковим) класифікує тільки отруйні речовини, поділяючи їх на три групи: ушкоджують зябра та інші зовнішні органи; проникаючі в організм через зябра та зовнішні покриви та вбивають рибу; речовини специфічної дії, що вбивають рибу після проникнення через травний канал.

В. І. Жадін поділяє забруднювачі на органічні та мінеральні, нетоксичні та токсичні (включаючи радіоактивні) та змішані, тобто він класифікує їх і за походженням та за дією на водні організми. Він виділяє три групи стічних вод: містять органічні речовини, забруднені різними мінеральними речовинами, змішані. В більшості випадків стічні води бувають змішаної природи з переважанням то органічної, то мінеральної частини. Розглядаючи вплив їх на водойми та водні організми. Більш докладна класифікація Клейна, який, як і В. І. Жадін, класифікує забруднювачі та стічні води. Всі забруднення він ділить на тверді (зола, шлаки, сміття тощо) і рідкі (стічні води). Забруднювачі стічних вод поділяються на хімічні (органічні та мінеральні, токсичні та нетоксичні), фізичні (мають забарвлення, піну, велику каламутність, високу температуру тощо), фізіологічні (мають неприємний присмак, запах), біологічні (містять патогенні бактерії, деякі водорості, гриби і т. д.). Усі стічні

води поділяються на каналізаційні (побутові, фекально-господарські) і індустріальні (виробничі). Останні у свою чергу діляться на три групи: основні забруднювачі зважені речовини: містять зважені та розчинені речовини; містять в основному розчинені забруднювачі. [8]

З усіх наявних класифікацій стічних вод найбільш вдалою з рибогосподарських позицій є класифікація, запропонована ще 1953 р. Є. А. Веселовим. В основу її покладено наявність у стічних водах тих чи інших забруднювачів, що надають різну дію на водоймища та водні організми. За складом провідних забруднювачів стічні води поділяються на дві групи: органічні та неорганічні. Кожна з них у свою чергу поділяється на отруйні та неотруйні. У результаті Є. А. Веселов ділить всі стічні води на 4 групи: органічні стічні води без специфічних токсичних властивостей; органічні стічні води з специфічними токсичними властивостями; неорганічні стічні води зі специфічними токсичними властивостями: неорганічні стоки без специфічних токсичних властивостей.

Ця класифікація в порівнянні з іншими є більш повною і більшою мірою відображає інтереси рибного господарства, хоча і в ній забруднення класифікуються в основному за складом (органічні, мінеральні) і частково за токсичністю. Крім того, у цій класифікації об'єднані тільки стічні води, тоді як в даний час крім них у водоймища надходить багато інших забруднень, негативний вплив яких на режим водойм та їх флору і фауну не менший, ніж стічних вод, іноді навіть більший.

Враховуючи викладене, нижче пропонується класифікація всіх видів забруднень (стічні води, промислові та побутові відходи та викиди, пестициди та інші отрутохімікати, природні забруднення тощо) за характером їх впливу на водойми та водні організми. обумовлюється наявністю у складі забруднень тих чи інших забруднювачів. Під терміном «забруднювачі» розуміються окремі компоненти, тобто складові частини забруднень. Забруднювачі можуть

бути органічними, мінеральними, рідкими, твердими, отруйними та неотруйними, розчинними та погано розчинними тощо.

Одні з них можуть надавати безпосередній негативний вплив на водні організми, інші, не будучи для них шкідливими, сильно змінюють навколишнє водне середовище, треті не тільки змінюють режим водойм, але й негативно впливають на гідробіоти. У кожному забрудненні можуть переважати ті чи інші забруднювачі, які визначають характер дії цього забруднення життя водойм. Виходячи з цього, не вдаючись до деталей їх впливу на організми, у запропонованій класифікації всі забруднення розподіляють на три типи.

До першого типу відносяться стічні води та інші забруднення, які, надходячи у водойму, змінюють в основному його режим, тобто середовище проживання водних організмів, але не мають прямого негативного впливу на флору і фауну водойми, або цей вплив незначний. Тобто в їхньому складі відсутні отруйні забруднювачі (речовини) або вони є в малих концентраціях, чому прямий їх вплив не виявляється або проявляється слабо. Отже, від'ємний вплив забруднень цього типу на водні організми виникає як наслідок погіршення режиму водоймища під їх впливом. Залежно від переважання у складі цих забруднень органічних або мінеральних забруднювачів цей тип забруднень можна розбити на дві групи: 1) забруднення з переважанням органічних забруднювачів, що впливають в основному на режим водойм, 2) забруднення з переважанням мін здебільшого на режим водойм.

До другого типу забруднень відносяться такі забруднення, які мають прямий вплив як на режим водойм, так і на водні організми, тобто в їх складі поряд із забруднювачами, які мають негативний вплив на режим водойм, є і токсичні, отруйні забруднювачі для водних організмів. До цього типу належить найбільша кількість забруднень.

До третього типу належать такі забруднення, які здебільшого надають прямий негативний вплив на водні організми та меншою мірою впливають на режим водойм. Сюди відносяться різні отрутохімікати.

Таким чином, всі забруднення, залежно від характеру їх впливу можна розділити на наступні чотири групи: 1) забруднення, що порушують режим водойомів впливом в основному органічних забруднювачів; 2) забруднення, що порушують режим водойомів під впливом переважно мінеральних забруднювачів; 3) забруднення, що впливають на водні організми та режим водойм; 4) забруднення, що впливають в основному на водні організми.

У плані класифікації, що рекомендується, нижче викладаються характеристика різних забруднень і вплив їх на режим і флору і фауну рибогосподарських водойм. Цілком очевидно, що дати характеристику всіх існуючих видів забруднень у короткому викладі неможливо, тому ми розглядаємо лише найбільш типові та найпоширеніші.

Висновки

Первинний склад руслових вод річок формується під впливом природних чинників. Концентрації шкідливих речовин природного походження є зазвичай низькими зміни хімічного складу вод і погіршення їх якості є наслідком антропогенного впливу.

3. ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ Р. ПРУТ У СТВОРІ М. ЯРЕМЧЕ

3.1. Вміст головних іонів і мінералізація води

Відповідно до поставлених завдань в роботі досліджувалися зміни концентрацій основних інгредієнтів хімічного складу води, а саме, головних іонів за період 2008 – 2018 рр.

Гідрологічний режим аналізувався за аналогічний проміжок часу.

Для аналізу часової динаміки хімічного складу поверхневих вод р. Прут використовувались дані аналітичного контролю якості поверхневих вод з Басейнового управління водних ресурсів Пруту та Сірету за 2008 – 2018 рр., (додаток А). У роботі задіяно один гідроствір гірської частини басейну Прута (р. Прут – м. Яремче). Даний ствір є фоновим для верхньої частини басейну Прута, і відображає умови формування хімічного складу гірської частини Прута.

“До числа головних іонів, які містяться у природних водах відносяться іони SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ і K^+ . Головні іони або макрокомпоненти визначають хімічний тип води. Мікрокомпоненти містяться у воді в значно менших кількостях і не визначають хімічний тип води. Ряд компонентів розчинених у воді займає проміжне положення між макро- і мікрокомпонентами. До їх числа відносяться : H^+ , NH_4^+ , NO_3^- , H_2SiO_3 . Ці компоненти в деяких типах води можуть набувати первинного значення. Масова концентрація головних іонів у досить прісних водах виражається першими одиницями міліграмів у 1 л, в засолених досягає кількох сотень проміле”. [4]

Хімічний склад є непостійним у часі і у річному стоці вод змінюється до різних генетичних категорій, як: поверхнево-схилових, ґрунтово-поверхневих та підземних вод. Формування вод різних генетичних категорій гірської (Карпатської) частини басейну Прута відбувається в умовах достатнього зволоження.

“Формування стоку і хімічного складу води Пруту відбувається головним чином у межах верхньої його ділянки, де Прут і його притоки, особливо праві, мають режим гірських річок. Притоки середньої і нижньої ділянки Пруту мілкі з дуже малими витратами, тому на живлення річки суттєвого впливу не мають. Однак в середній і нижній течії під впливом підземних вод лівобережної частини басейну вода Пруту збагачується сульфатами і натрієм”. [1,4]

➤ Гідрокарбонатні іони (HCO_3^-)

Згідно аналізу багаторічної зміни вмісту гідрокарбонатних іонів у воді р. Прут – м. Яремче, середньобагаторічна концентрація HCO_3^- становить 115,0 мг/дм³. Середньорічні значення вмісту гідрокарбонат-іонів за 2008-2018 роки змінювались в діапазоні від 77,8 мг/дм³ (2018 р.) до 137,0 мг/дм³ (2013р).

Мінімальна концентрація HCO_3^- становила 61,0 мг/дм³ (2018 р.), максимальна – 159,0 мг/дм³ (2013 р.). Середні річні, максимальні і мінімальні концентрації гідрокарбонатів у воді р. Прут – м. Яремче наведені в (табл. 3.1). Динаміка концентрації гідрокарбонатів протягом досліджуваного періоду зображено на (рис. 3. 1).

Таблиця 3.1

Вміст гідрокарбонатів (HCO_3^- , мг/дм^3) у воді
р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.

Рік	Макс.	Сер.
2008	128	98,8
2009	140	120
2010	116	108
2011	146	99
2012	146	137
2013	159	129,75
2014	153	131,25
2015	146	125
2016	153	134,25
2017	110	104
2018	98	77,75

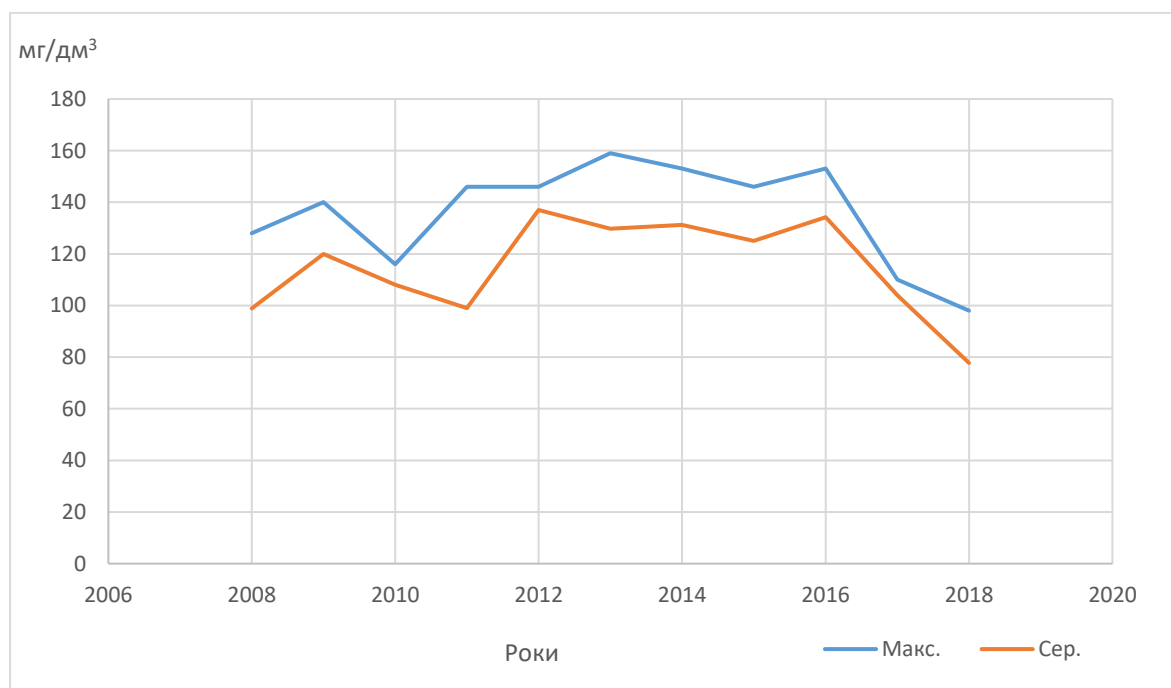


Рис. 3.1 Динаміка вмісту гідрокарбонатних іонів у воді р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр., мг/дм^3

Середньобаторічна концентрація сульфатних іонів за досліджуваний період у воді р. Прут – м. Яремче становить $31,5 \text{ мг/дм}^3$. Середньорічні значення вмісту сульфатних іонів за 2008-2018 роки змінювались в діапазоні від $15,3 \text{ мг/дм}^3$ (2009 р.) до $37,5 \text{ мг/дм}^3$ (2014р). Мінімальна концентрація SO_4^{2-}

становила 10,0 мг/дм³ (2008 р.), максимальна – 50,0 мг/дм³ (2015 р.) Середні річні, максимальні і мінімальні концентрації сульфатів у воді р. Прут – м. Яремче наведені в (табл. 3.2).

У водах річки Прут – м. Яремче концентрація SO₄⁻ значно менша, ніж HCO₃⁻ і дещо вища від концентрації Cl⁻, що пов'язано із особливістю хімічного складу води.

Динаміка концентрації сульфатів протягом досліджуваного періоду зображено на (рис. 3. 2).

Таблиця 3.2

Вміст сульфатів (SO₄²⁻, мг/дм³) у воді

р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.

Рік	Макс.	Сер.
2008	49	25,2
2009	20	15,3
2010	33	28,33
2011	33	31,25
2012	36	31,75
2013	44	35,25
2014	42	37,5
2015	50	34,5
2016	43	36,75
2017	47	38
2018	35	33,5

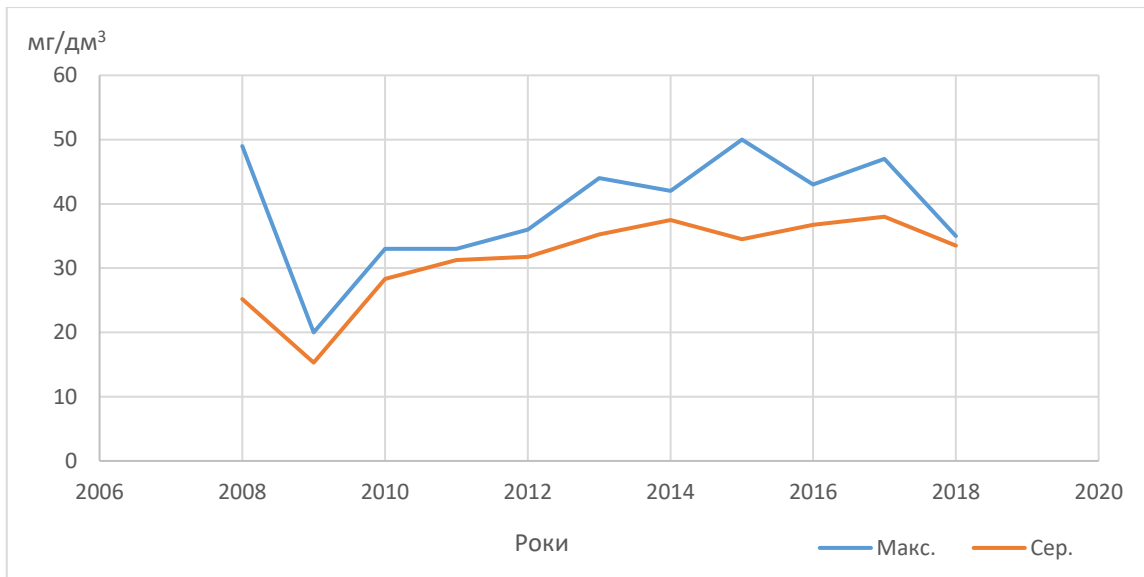


Рис. 3. 2 Динаміка вмісту сульфатних іонів у воді р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр., мг/дм³

➤ Хлоридні іони (Cl⁻)

Динаміка вмісту середньої концентрації іонів хлориду варіювала в межах від 4,07 мг/дм³ (2011 рік) до 19,2 мг/дм³ (2014 рік). Мінімальне значення становить – 3,5 мг/дм³ у 2008 році, а у 2014 році максимальне – 27,0 мг/дм³. Середньо багаторічна концентрація Cl⁻ у гірській частині р. Прут за 2008-2018 роки дорівнює 9,2 мг/дм³. Середні річні, максимальні і мінімальні концентрації хлоридів у воді р. Прут – м. Яремче наведені в (табл. 3.3). Динаміка концентрації хлоридів протягом досліджуваного періоду зображено на (рис. 3.3).

Таблиця 3.3

Вміст хлоридів (Cl^- , мг/дм^3) у воді
р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.

Рік	Макс.	Сер.
2008	5,3	4,68
2009	7,1	6,5
2010	10	6,66
2011	5	4,07
2012	14	10,25
2013	14	10,25
2014	27	19,24
2015	21	11,4
2016	11	8,02
2017	12	10,72
2018	11	9,97

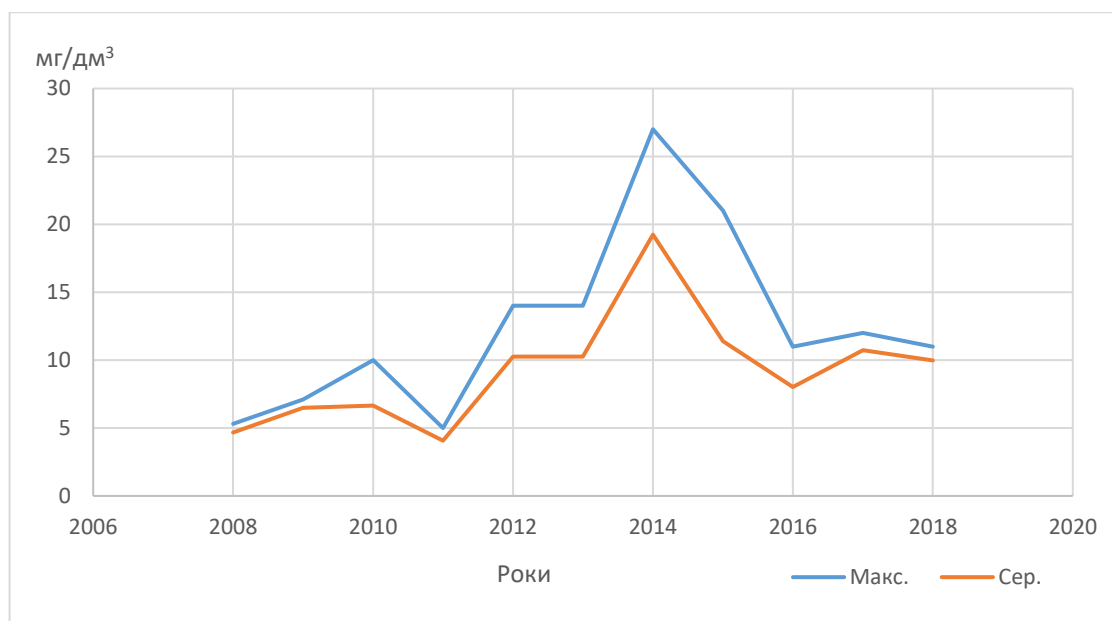


Рис. 3. 3 Динаміка вмісту хлоридних іонів у воді р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.,
 мг/дм^3

➤ Іони кальцію (Ca^{2+})

В результаті аналізу часової динаміки вмісту іонів кальцію у водах р. Прут – м. Яремче, виявлено максимальну концентрацію у 2016 році, $72,0 \text{ мг/дм}^3$, мінімальне значення Ca^{2+} становить $18,0 \text{ мг/дм}^3$ (2011р.), середньо багаторічна концентрація іонів кальцію у воді – $32,2 \text{ мг/дм}^3$, а середнє значення

коливалось від 26,7 мг/дм³ у 2011 році до 41,4 мг/дм³ у 2016 році. Середні річні, максимальні і мінімальні концентрації кальцію у воді р. Прут – м. Яремче наведені в (табл. 3.4). Динаміка концентрації кальцію протягом досліджуваного періоду зображено на (рис. 3.4).

Таблиця 3.4

Вміст кальцію (Ca²⁺, мг/дм³) у воді

р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.

Рік	Макс.	Сер.
2008	35	27,4
2009	36	33
2010	30	29,33
2011	40	26,75
2012	50	38,25
2013	37	33,75
2014	37	31,5
2015	38	30,75
2016	72	41,45
2017	35	32,25
2018	32	30

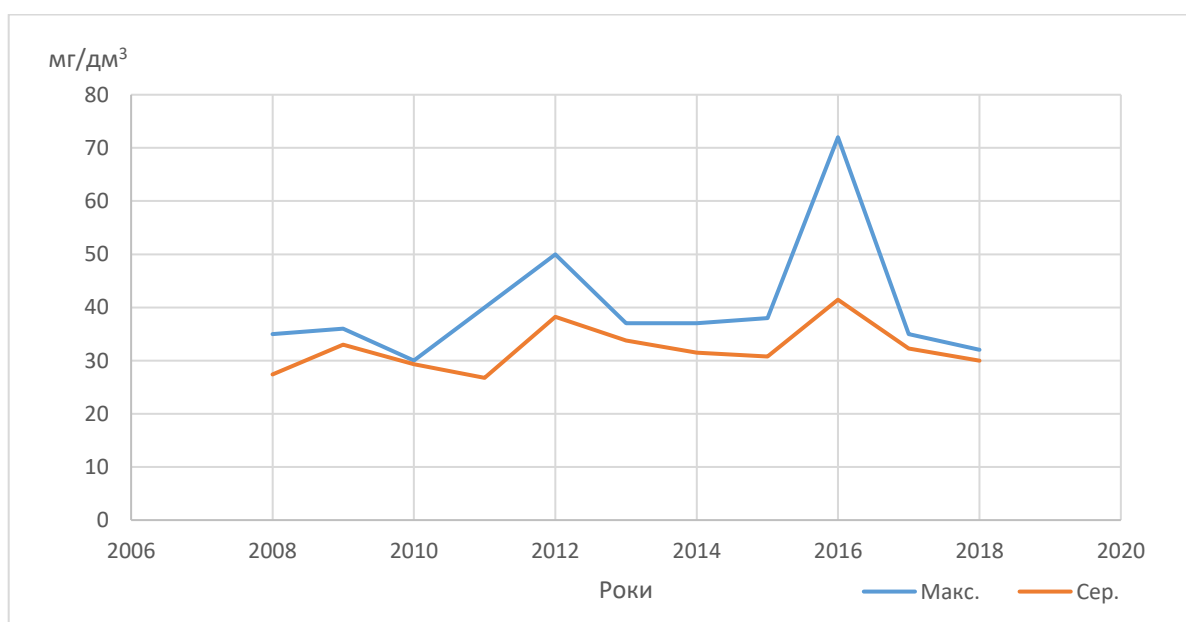


Рис. 3.4 Динаміка вмісту іонів кальцію у воді р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.,
мг/дм³

➤ Іони магнію (Mg^{2+})

В поверхневих водах р. Прут – м. Яремче середньо багаторічна концентрація іонів магнію за досліджуваний період становить 5,1 мг/дм³. Середнє значення вмісту Mg^{2+} у воді збільшується від 2,9 мг/дм³ до 6,5 мг/дм³. Максимальна концентрація іонів магнію становить – 9,6 мг/дм³ (2016 рік), мінімальна – 1,2 мг/дм³ (2014 рік). Середні річні, максимальні і мінімальні концентрації магнію у воді р. Прут – м. Яремче наведені в (табл. 3.5). Динаміка концентрації магнію протягом досліджуваного періоду зображено на (рис. 3.5).

Таблиця 3.5

Вміст магнію (Mg^{2+} , мг/дм³) у воді

р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.

Рік	Макс.	Сер.
2008	4,3	2,9
2009	6,7	6,23
2010	7,3	5,86
2011	8,5	6,25
2012	7,5	5,62
2013	8,5	6,52
2014	7,9	5,92
2015	6,7	5,32
2016	9,6	5,1
2017	4,3	3,47
2018	3,6	3,2

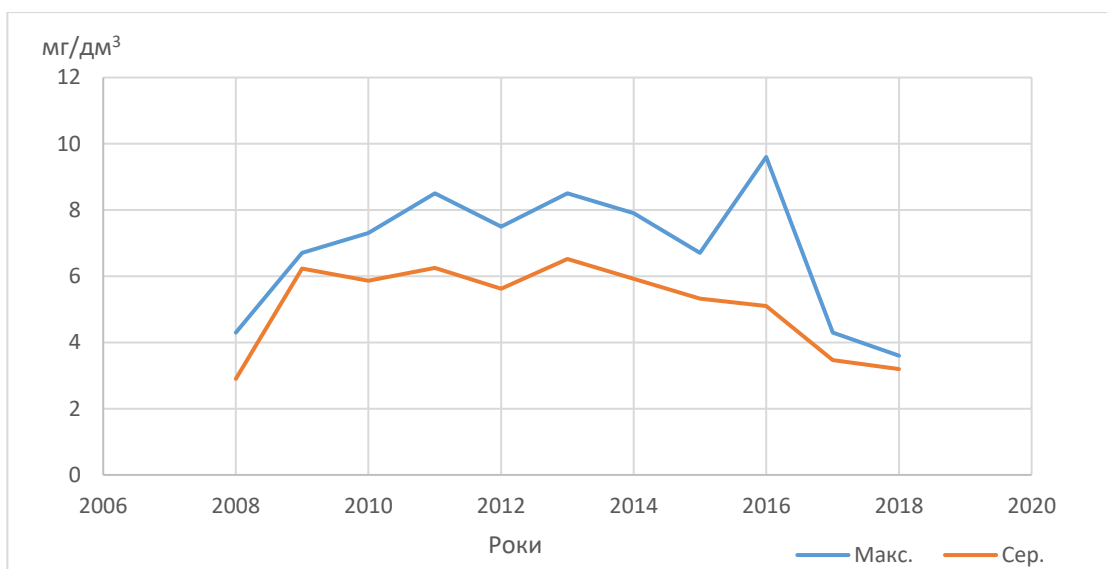


Рис. 3. 5 Динаміка вмісту іонів магнію у воді р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.,
мг/дм³

➤ Іони калію та натрію ($K^+ + Na^+$)

За досліджуваний період у воді р. Прут – м. Яремче середньо багаторічна концентрація іонів $K^+ + Na^+$ становить 20,8 мг/дм³. Середньорічні значення вмісту іонів калію та натрію за 2008-2018 роки змінювались в діапазоні від 7,8 мг/дм³ (2009 р.) до 42,0 мг/дм³ (2016 р). Мінімальна концентрація становила 6,0 мг/дм³ (2008 р.), максимальна – 72,0 мг/дм³ (2016 р.). Середні річні, максимальні і мінімальні концентрації калію та натрію у воді р. Прут – м. Яремче наведені в (табл. 3.6). Динаміка концентрації калію та натрію протягом досліджуваного періоду зображено на (рис. 3. 6).

Таблиця 3.6

Вміст калію та натрію ($K^+ + Na^+$, мг/дм³) у воді

р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр.

Рік	Макс.	Сер.
2008	31	14,2
2009	10	7,83
2010	19	15,33
2011	20	15
2012	19	16,5
2013	25	21,5
2014	43	34,25
2015	34	28
2016	72	42
2017	28	22,25
2018	17	11,97

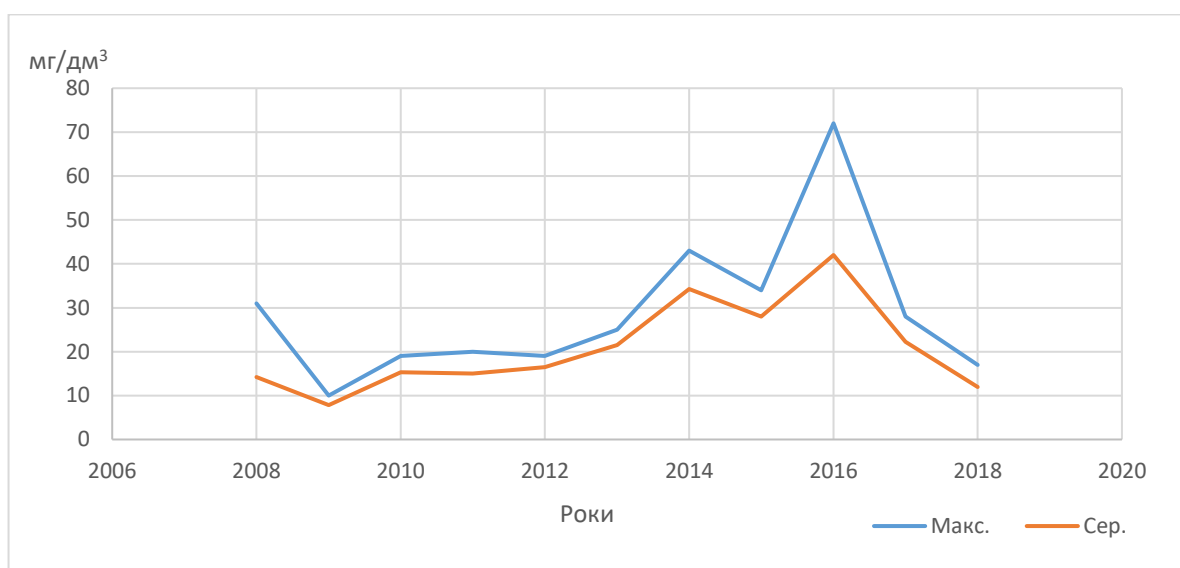


Рис. 3. 6 Динаміка вмісту іонів калій + натрій у воді р. Прут – м. Яремче, 2008-2018 рр., мг/дм³

Середньо багаторічна мінералізація води в р. Прут у створі м. Яремче становить 0,22 г/дм³, за класифікацією О. О. Алекіна вона буде прісною, а за класифікацією В. К. Хільчевського – прісною з підвищеною мінералізацією.

З (рис. 3.7) видно, що зі збільшенням витрати води мінералізація зменшується. Більш стрімке зменшення мінералізації води Пруту у створі м.

Яремче відбувається при збільшенні витрати води до 10-15 м³/с, в інтервалі витрат 15-40 м³/с воно є менш інтенсивним. Величина загальної мінералізації чітко визначається вмістом головних іонів (рис. 3.8) в основному – HCO_3^- .

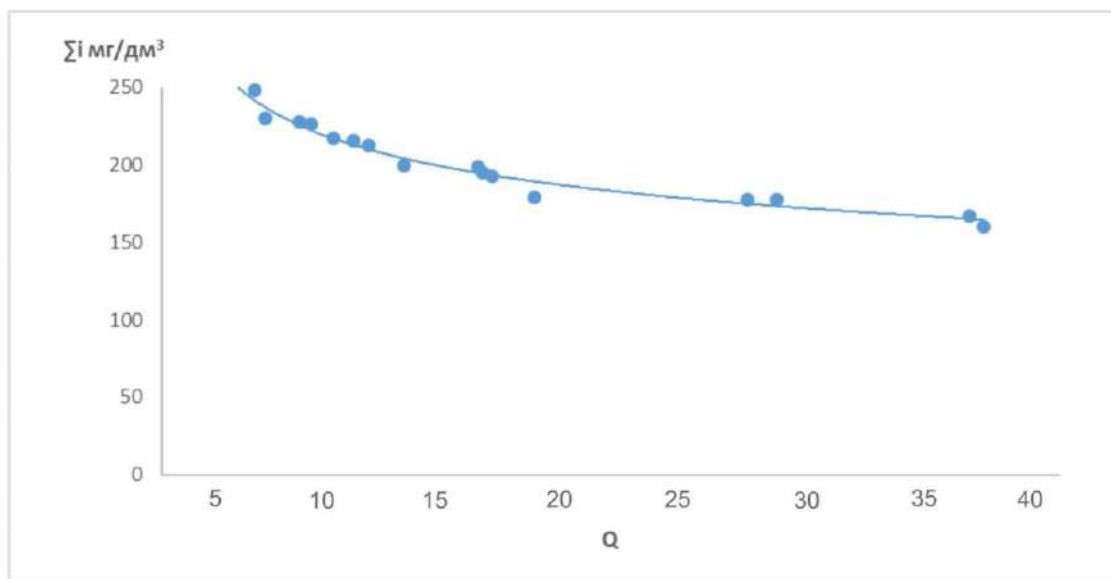


Рис. 3.7. Залежність мінералізації від витрати води р. Прут

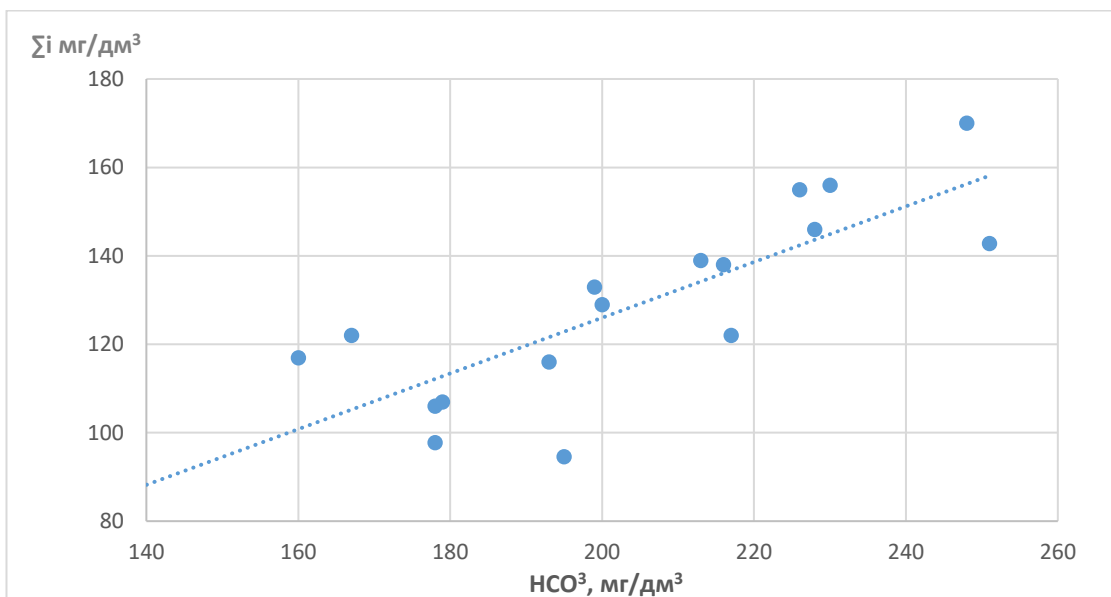


Рис. 3.8. Залежність мінералізації від HCO_3^-

3.2. Хімічний склад води

Умови формування хімічного складу річкових вод. Басейн Дунаю представлений на території України водозборами притоків Тиси і Пруту, а також малими річками, які впадають в озера і лимани дельти Дунаю.

“Формування хімічного складу вод у гірській частині басейні Пруту відбувається за умов високої вологості. Значне поширення бідних на розчинені солі силікатних порід флішу, твердих вулканічних порід, стійких до вивітрювання, зумовлює слабку мінералізацію поверхневих вод. Незначним джерелом надходження солей у річкові води є гірські ґрунти Карпат”.[6, с. 47]

Гідрохічний режим. На даній території стік формується в зимово-весняний період з талого снігу, а також частих дощів зливового характеру. Під час *весняного водопілля* проходить близько 50% річного стоку. У гірській частині Карпат цілий рік проходять паводки. Тому на цих річках розрізняють роки з переважанням весняного водопілля, роки з переважанням паводків у літньо-осінній період і роки з безперервними паводками протягом року. [16, 17]

Поверхнево-схиліві води, які надходять у руслову сітку, характеризуються мінімальною мінералізацією в межах 37- 207 мг/л і загальною твердістю 0,8 – 1,5 ммоль/л. У іонному складі переважають іони HCO_3^- і Ca^{2+} . Води гідрокарбонатного класу групи кальцію.

Підсилення ґрунтового живлення річок на спаді водопілля дещо підвищують концентрацію іонів у водах гірських річок. Величини мінералізації води в них у деяких випадках досягають 180-220 мг/л. Склад води при цьому залишається практично не змінним – гідрокарбонатного класу групи кальцію.

У річках гірської частини водозбору Пруту в межінь переважає гідрокарбонатно-кальцієвий склад води і загальною твердістю 2-4 ммоль/л.

Води річок степової лівобережної частини басейну Пруту сильно мінералізовані. Величини мінералізації досягають 1,8 г/л, а загальної твердості – 10-12 ммоль/л. Склад води в річках північної частини степової зони гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридно-натрієвий і сульфатно-натрієвий, а в південній – сульфатно-хлоридно-натрієвий. Переважає концентрація основних іонів HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ + K^+ .

Літньо-осіння межінь часто переривається зливами, які розбавляють і змінюють склад річкових вод.

“Формування стоку і хімічного складу води Пруту відбувається головним чином у межах верхньої його ділянки, де Прут і його притоки, особливо праві, мають режим гірських річок. Притоки середньої і нижньої ділянки Пруту мілкі з дуже малими витратами, тому на живлення річки суттєвого впливу не мають. Однак в середній і нижній течії під впливом підземних вод лівобережної частини басейну вода Пруту збагачується сульфатами і натрієм.” [6, с.48]

У верхній частині течії Пруту, як правило гідрокарбонатно-кальцієвий склад води, а щодо верхньої та середньої ділянки, мінералізація є слабкою та помірною. У складі іонів домінують HCO_3^- і Ca^{2+} . У межень величини мінералізації в багатоводні роки досягають 300 мг/л, а в маловодні – 430 мг/л. Переважають іони: HCO_3^- і Ca^{2+} .

У середній частині мінералізація води збільшується, досягаючи в межінь багатоводного і маловодного років відповідно 420 і 560 мг/л. Переважають іони: HCO_3^- і Ca^{2+} .

У нижній течії річки гідрохімічний режим її значною мірою визначається впливом високо мінералізованих сульфатно-натрієвих підземних вод лівобережної частини басейну (додаток Б). Це виражається у збільшенні концентрації сульфатних іонів до 220 мг/л та іонів натрію і калію до 130 мг/л. Мінералізація води під час водопілля коливається від 390 до 560 мг/л. У складі

іонів домінують HCO_3^- і Ca^{2+} . У межень величини мінералізації води змінюються в межах 445- 860 мг/л. Переважають в цей час іони HCO_3^- і Ca^{2+} .

На всьому протязі течії річки вода характеризується помірною твердістю. В період весняного водопілля і літніх паводків величини загальної твердості коливаються в межах 1,8-5 ммоль/л. В межень на верхній ділянці (до м. Чернівці) величини загальної твердості не перевищують 2,1-3,6 ммоль/л, на середній і нижній – досягають 5,9 ммоль/л.

У середньому за досліджуваний період води р. Прут у створі м. Яремче за класифікацією О.О. Алекіна можуть бути визначені гідрокарбонатно-кальцієві другого типу ($\text{C}^{\text{Ca}}_{\text{II}}$). При низькій водності, у зв'язку з надходженням в русло більш мінералізованого стоку формуються гідрокарбонатно-кальцієво-магнієві води другого типу ($\text{C}^{\text{Mg,Ca}}_{\text{II}}$).

Аналогічні результати були одержані при встановленні хімічного складу річки в різні гідрологічні сезони. Встановлено, що при високій і середній водності (весняне водопілля) води Пруту є гідрокарбонатно-кальцієвими другого типу ($\text{C}^{\text{Ca}}_{\text{II}}$). Зміни іонного складу вод відбувається в періоди низької зимової межені при зменшенні витрат води до 5-6 м³/с. За таких умов більш мінералізовані підземні води змінювали склад руслового стоку на гідрокарбонатно-магнієво-кальцієвий другого типу ($\text{C}^{\text{Mg,Ca}}_{\text{II}}$).

За даними річки Прут до міста Яремче, за О.О. Алекіним воду можна класифікувати таким чином: C_1^{Ca} (гідрокарбонатний клас, група кальцієва, тип перший), переважає перший тип, але в деякі окремі сезони буває – $\text{C}_1^{\text{Mg,Ca}}$ (гідрокарбонатний клас, група магнієва, тип перший) (табл. 3.7., 3.8.).

Таблиця 3.7.

Вміст головних іонів у воді р. Прут - м. Яремче при різній водності

Іон	Середні витрати води			Максимальні витрати води			Мінімальні витрати води		
	мг/дм ³	мг-екв/дм ³	%-екв	мг/дм ³	мг-екв/дм ³	%-екв	мг/дм ³	мг-екв/дм ³	%-екв
<i>Аніони</i>									
Cl ⁻	10,7	0,488	16	4,58	0,12	3,78	21,1	0,59	16
SO ₄ ²⁻	15,5	0,63	22	17,1	0,35	11	37,7	0,79	22
HCO ₃ ⁻	138,7	1,83	62	170	2,7	85,1	131	2,14	62
Σ	164,9	2,94	100	191,6	3,17	100	189,8	3,52	100
<i>Катіони</i>									
Na ⁺ +K ⁺	12,2	0,29	10	16,5	0,66	20	32,2	1,2	35
Mg ²⁺	7,69	0,32	12	15,5	1,27	40	1,46	0,11	3
Ca ²⁺	36,6	2,27	78	25,2	1,26	40	42,5	2,12	62
Σ	56,4	2,88	100	57,2	3,19	100	76,1	3,43	100
Ф-ла Курлова	HCO ₃ 78 SO ₄ 12 Cl 10 Ca 62 Mg 22 (Na+K) 16			HCO ₃ 85 SO ₄ 11 Cl 4 Mg 40 Ca 40 (Na+K) 20			HCO ₃ 61 SO ₄ 22 Cl 16 Ca 62 (Na+K) 34 Mg 3		
Індекс хімічного складу води	C ^{Ca} _{II}			C ^{Ca} _{II}			C ^{Mg,Ca} _{II}		

Таблиця. 3.8.

Вміст головних іонів у воді р. Прут - м. Яремче у різні гідрологічні сезони

Гідрологічний сезон	Головні іони (мг/дм ³)						
	HCO ₃	Cl	SO ₄	Na+K	Ca	Mg	Σi
Весняна повінь, дощові паводки	138,7	10,7	15,5	12,2	36,6	7,69	220
Літньо-осіння межень	170	4,58	17,1	16,9	25,2	15,8	248
Зимова межень	131	21,1	37,7	32,2	42,5	1,46	265
Ф-ла Курлова	HCO ₃ 78 SO ₄ 12 Cl 10 Ca 62 Mg 22 (Na+K) 16			HCO ₃ 85 SO ₄ 11 Cl 4 Mg 40 Ca 40 (Na+K) 20			HCO ₃ 62 SO ₄ 22 Cl 16 Ca 62 (Na +K) 35 Mg 3
Індекс хімічного складу води	C ^{Ca} _{II}			C ^{Ca} _{II}			C ^{Mg,Ca} _{II}

3.3. Розчинені гази

Походження розчинених газів у природних водах зумовлене такими факторами:

1) складом атмосфери (азот N_2 , аргон Ar та інші інертні гази, кисень O_2 , діоксид вуглецю CO_2);

2) біохімічними процесами (діоксид вуглецю, метан CH_4 та інші важкі вуглеводні, сірководень H_2S , азот N_2 , водень H_2);

3) дегазація мантії й метаморфізація у глибинних шарах гірських порід земної кори при високих температурах і тиску (CO_2 , оксид вуглецю CO, H_2S , H_2 , CH_4 , аміак NH_3 , хлористий водень та інші сполуки водню з галогенами та бором).

Перші дві групи характерні для поверхневих та підземних вод, третя – в основному для підземних вод. У поверхневих водах найпоширеніші кисень, азот та діоксид вуглецю, в підземних – діоксид вуглецю, сірководень та метан.

“Азот хімічно малоактивний, погано розчиняється у воді й у нафті, внаслідок чого перебуває в земній корі на різних глибинах й інколи може переважати у вільних газових скупченнях.

Надходить азот у земну кору з повітря, а також утворюється біохімічним шляхом. Незважаючи на низьку хімічну активність, азот необхідний для рослин і тварин. У циклічних процесах, пов'язаних з живою речовиною, беруть участь N_2 , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ . Частина азоту виводиться з циклу, утворюючи стійкі органічні сполуки, поховані в осадових породах. У розчиненому стані азот присутній у всіх природних водах. Вміст його в середньому становить 10-15 мг/дм³”.[4,5]

У природних водах велике значення має саме розчинений кисень, його наявність визначає існування в ній життя, а також ступінь аерованості. Концентрація O_2 у природних водах коливається у певних межах, які

лімітуються законом Генрі–Дальтона (0-14 мг/дм³) і рідко перевищує їх. Залежність синтезу від освітлення й температури створює періодичні постійний та добові коливання вмісту кисню. Максимальна кількість кисню протягом доби спостерігається в другій половині дня, мінімальна – вранці.

Протягом року значні зміни трапляються у літній період, коли підвищення температури води призводить до зниження розчинності кисню, незважаючи на високе продукування його при фотосинтезі. Тому влітку вміст кисню стає меншим, ніж узимку.

Середній багаторічний вміст розчиненого кисню у воді р. Прут – м. Яремче за досліджуваний період становив 11,7 мг/дм³ (див. додаток Б), його концентрація змінилась в межах 9-14 мг/см³.

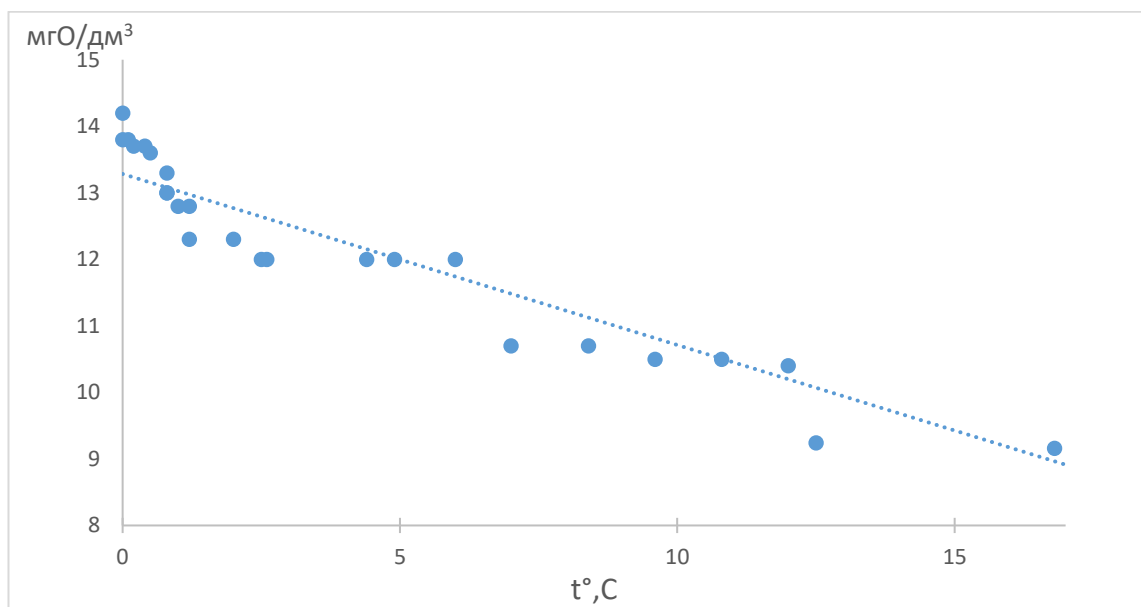


Рис. 3.9. Залежність середньорічного вмісту кисню від температури у воді р. Прут -м. Яремче

На рис. 3.9 показано залежність вмісту кисню від температури. Максимальні витрати спостерігались при низьких (0-3 °С) температурах води. Менший вміст був характерний для діапазону температур 10-18 °С. За весь досліджуваний період не спостерігалось зниження вмісту розчиненого кисню за гранично допустимого значення, що свідчить про інтенсивну аерацію води у гірській частині верхнього Пруту.

3.4. Біогенні речовини

“До біогенних елементів у природних водах належать сполуки азоту, фосфору і силіцію. Азот і фосфор обов’язково входять до складу тканин будь-якого живого організму, без них не розвиваються водні рослини й тварини. Концентрації біогенних елементів цілком залежать від інтенсивності біохімічних і біологічних процесів у водоймах. Слід зазначити, що виділення цієї групи досить умовне, оскільки в процесах життєдіяльності в природних водах беруть участь й інші елементи (кальцій, магній, калій тощо)”. [4]

Сполуки азоту в природних водах перебувають органічні та неорганічні. До неорганічних сполук можна віднести іони: нітритні (NO_2^-), нітратні (NO_3^-), амонійні (NH_4^+).

За середньорічними даними вміст азоту амонійного та азоту нітритного у воді р. Прут – м. Яремче не перевищували норм ГДК (табл. 3.9.).

Вміст іонів **амонію** у природних водах варіює в інтервалі від 10 до 200 мкг/дм³ у перерахуванні на азот. Присутність у незабруднених поверхневих водах іонів амонію пов’язана головним чином із процесами біохімічної деградації білкових речовин, дезамінування амінокислот, розкладання сечовини під дією уреаз. Тваринницькі ферми, господарсько-побутові стічні води, поверхневий стік із сільгоспугідь у разі використання амонійних добрив, а також стічні води підприємств харчової, коксохімічної, лісохімічної та хімічної промисловості, це все є основні джерела надходження іонів амонію у водні об’єкти.

“*Нітрити* через їх нестійкість містяться у природних водах у незначних кількостях. Протягом більшої частини року в поверхневих водах вміст нітритів не виявляється аналітично або становить лише тисячні частки мкг/дм³ щодо N.

Дещо збільшується їх вміст наприкінці літа, коли підсилюється розпад органічної речовини. В ґрунтових водах вміст нітритів вищий. Оскільки

нітрити є проміжним нестійким продуктом у процесі нітрифікації, підвищення їх вмісту свідчить про інтенсифікацію розкладання органічних залишків і затримку окиснення NO_2^- до NO_3^- , проте свідчить і про забруднення водойми, тобто є важливим санітарним показником”.[4]

Біохімічне споживання кисню (БСК)

Ступінь забруднення води органічними з'єднаннями визначають кількість кисню, необхідних для їх окиснення мікроорганізмами споживання в аеробних умовах. Біохімічне окиснення різних речовин трапляються з різною швидкістю. До легко окиснювальним (біологічно м'яким) речовинам відносять формальдегід, фенол, фурфурол і т. д.

Вплив температури дається взнаки через її вплив на швидкість процесу споживання, яка збільшується в 2-3 рази при підвищенні температури на 10°C . Вплив початкової концентрації кисню на процес біохімічного споживання кисню пов'язане з тим, що значна частина мікроорганізмів має свій кисневий оптимум для розвитку в цілому і для фізіологічної і біохімічної активності. Значення БСК води р. Прут – м. Яремче не перевищувало ГДК, табл. 3.9.

Окиснення перманганатне і біхроматне (ХСК). Величина, характеризуюча вміст у воді органічних і мінеральних речовин, окислювальних одним із сильних хімічних окиснювачів при безперечних умовах, називається окиснюваністю. Окиснення виражається в міліграмах кисню, виділеного на окиснення органічних речовин.

“Склад органічних речовин в природних водах формується під впливом багатьох факторів. До числа важливих природних факторів відносяться внутрішньо водні біохімічні процеси продукування і трансформації, надходження із інших водних об'єктів, з поверхневими і підземними стоками, з атмосферними опадами, з промисловими і господарсько-побутовими стічними водами. Утворюючись у водоймі і надходячи в нього зовні органічні

речовини дуже різноманітні по своїй природі і хімічним властивостям, в тому числі по стійкості до дії різних окиснювачів”.[4, с.34]

Співвідношення, що містять у воді легко- і важкоокиснюючі речовини в значній мірі впливає на окиснення води в умовах того чи іншого метода її визначення.

У верхній частині течії Пруту не спостерігалось інтенсивного забруднення руслових вод органічними речовинами, про що свідчить невисоке середнє багаторічне значення ХСК – 8,75 мгО/дм³. Лише в окремі меженні періоди спостерігались підвищення ХСК до 27 мгО/дм³, що свідчить про залпові надходження у русло забруднених стічних вод.

3.5. Забруднюючі речовини

Забрудненням водних об’єктів називається перевищення концентрацій забруднювальних речовин чи значень показників фізичних властивостей води над гранично допустимими концентраціями (ГДК), яке спричиняє порушення норм якості води. [4] У таблиці 3.9. показано середній вміст забруднюючих речовин у воді р. Прут – м. Яремче, 2012-2019 рр.

Таблиця 3.9.

Середній вміст забруднюючих речовин у воді р. Прут – м. Яремче,
2012-2019 рр.

Речовини, мг/дм ³	О ₂	БПК	ХПК	Нафтопр.	СПАР	Фенол и	Азот нітрит.	Азот амон.	Залізо	Мідь мкг/д м ³
Середнє значення	11,7	3	8,75	0,04	0,004	0,0001	0,007	0,25	0,25	2,8
ГДК, мг/дм ³	6	6	15	0,3	0,1	0,001	3,3	0,39	0,3	0,001

Нафтопродукти відносяться до числа найбільш поширених і небезпечних речовин, забруднюючих поверхневі води. Великі кількості нафтопродуктів потрапляють у поверхневі води при перевезенні нафти водним

шляхом, з стічними водами підприємств нафтодобувної, нафтопереробної, хімічної, металургійної та інших галузей виробництва, з господарсько-побутовими водами.

Деякі кількості вуглеводнів надходять у воду внаслідок прижиттєвих виділень рослинними та тваринними організмами, а також внаслідок їх посмертного розкладання. [7]

В результаті протікаючих у водоймі процесів випаровування, сорбції, біохімічного і хімічного окиснення концентрація нафтопродуктів може суттєво знижуватись, при цьому значним змінам може піддаватися їх хімічний склад.

Концентрація нафтопродуктів у воді р. Прут – м. Яремче не перевищувала ГДК, табл. 3.9.

Мідь – один із найважливіших мікроелементів. Фізіологічна активність міді пов'язана головним чином із включенням її до складу активних центрів окиснювально-відновних ферментів. Недостатній вміст міді у ґрунтах негативно впливає на синтез білків, жирів та вітамінів та сприяє безпліддю рослинних організмів. Мідь бере участь у процесі фотосинтезу та впливає на засвоєння азоту рослинами. Разом з тим надлишкові концентрації міді надають несприятливий вплив на рослинні та тваринні організми.

Основним джерелом надходження міді до природних вод є стічні води підприємств хімічної, металургійної промисловості, шахтні води, альдегідні реагенти, що використовуються для знищення водоростей. Мідь може з'являтися внаслідок корозії мідних трубопроводів та інших споруд, що використовуються у системах водопостачання. У підземних водах присутність міді обумовлена взаємодією води з гірськими породами, що містять мідь (халькопірит, халькозин, ковеллін, борніт, малахіт, азурит, хризаколла, бротантин).

Середній багаторічний вміст міді у воді р. Прут – м. Яремче за досліджуваний період становив 2,8 мкг/дм³, що не перевищував граничні допустимі концентрації (табл. 3.9.).

Феноли є похідними бензолу з однією або декількома гідроксильними групами. Їх прийнято ділити на дві групи - леткі з парою феноли (фенол, крезолі, ксиленоли, тимол) та нелеткі феноли (резорцин, пірокатехін, гідрохінон, пірогаллол та інші багатоатомні феноли).

“Феноли в природних умовах утворюються в процесах метаболізму водних організмів, при біохімічному розпаді та трансформації органічних речовин, що протікають як у водній товщі, так і в донних відкладах”. [4, с. 56]

Феноли є одним з найбільш поширених забруднень, що надходять у поверхневі води зі стоками підприємств нафтопереробної, сланцепереробної, лісохімічної, коксохімічної, анілінофарбової промисловості та ін. У стічних водах цих підприємств вміст фенолів може перевищувати 10-20 г/дм³ при різноманітних поєднаннях. У поверхневих водах феноли можуть перебувати у розчиненому стані у вигляді фенолятів, фенолят-іонів та вільних фенолів. Феноли у водах можуть вступати в реакції конденсації та полімеризації. У разі природних водойм процеси адсорбції фенолів донними відкладеннями і суспензією грають незначну роль.

Середнє за період дослідження концентрації фенолів є нижчі за ГДК, але в окремі маловодні періоди – маловодні, їх вміст перевищував граничне значення таблиця 3.9.

Залізо. Головними джерелами сполук заліза в поверхневих водах є процеси хімічного вивітрювання гірських порід, що супроводжуються їх механічним руйнуванням та розчиненням. У процесі взаємодії з мінеральними і органічними речовинами, що містяться в природних водах, утворюється складний комплекс сполук заліза, що знаходяться у воді в розчиненому, колоїдному та зваженому станах. Значні кількості заліза надходять із

підземним стоком та зі стічними водами підприємств металургійної, металообробної, текстильної, лакофарбової промисловості та із сільськогосподарськими стоками. [13,24]

Концентрація заліза схильна до помітних сезонних коливань. Зазвичай у водоймах з високою біологічною продуктивністю в період літньої та зимової стагнації помітно збільшення концентрації заліза у придонних шарах води. Осінньо-весняне перемішування водних мас (гомотермія) супроводжується окисленням Fe(II) у Fe(III) та випаданням останнього у вигляді Fe(OH)₃.

Середній багаторічний вміст сумарного заліза (Fe²⁺+Fe³⁺) у воді р. Прут – м. Яремче за досліджуваний період був нижчим за ГДК. Разом з тим, в окремі періоди підвищеної водності концентрації заліза, змитого з поверхні дощовими водами, у водах Пруту помітно до 0,5 - 0,75 мг/дм³ підвищувалось.

Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР). СПАР є великою групою сполук, різних за структурою, які стосуються різних класів. Ці речовини здатні адсорбуватися на поверхні розділу фаз і знижувати внаслідок цього поверхневу енергію (поверхневий натяг). Залежно від властивостей, що виявляються СПАР при розчиненні у воді, їх ділять на аніоноактивні речовини (активною частиною є аніон), катіоноактивні (активною частиною молекул є катіон), амфолітні та неіоногенні, які зовсім не іонізуються. [25]

У водні об'єкти СПАР надходять у значних кількостях з господарсько-побутовими (використання синтетичних миючих засобів у побуті) та промисловими стічними водами (текстильна, нафтова, хімічна промисловість, виробництво синтетичних каучуків), а також зі стоком із сільськогосподарських угідь (як емульгатори входять до склад інсектицидів, фунгіцидів, гербіцидів та дефоліантів).

Основними чинниками зниження їхньої концентрації є процеси біохімічного окислення, сорбція завислими речовинами і донними

відкладеннями. Ступінь біохімічного окиснення СПАР залежить від їхньої хімічної будови та умов навколишнього середовища.

З підвищенням вмісту завислих речовин та значним контактом водної маси з донними відкладеннями швидкість зниження концентрації СПАР у воді зазвичай підвищується за рахунок сорбції. При значному накопиченні СПАР у донних відкладеннях в аеробних умовах відбувається окислення мікрофлорою донного мулу. У разі анаеробних умов СПАР можуть накопичуватися в донних відкладеннях та ставати джерелом вторинного забруднення водою.

Середнє багаторічне значення вмісту СПАР, що становило $0,004 \text{ мг/дм}^3$ не перевищувало стандартних норм ГДК (табл. 3.9.).

3.6. Якість води

Оцінка вмісту у природних водах окремих забруднюючих речовин шляхом їх порівняння з гранично-допустимими значеннями певним чином може характеризувати їх якість. Разом з тим об'єктивна оцінка якості води може бути зроблено лише за комплексними показниками, які враховують сумарну дію декількох, а в найбільш досконалих – багатьох інгредієнтів хімічного складу води і їх властивостей. Методик комплексної якості води існує багато, вони розрізняються за переліком прийнятих для оцінки показників і способами врахування їх спірного впливу. Такою, зокрема є “Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України”. [14]

Екологічна оцінка якості природних вод проводиться за системним принципом, її об'єктивність досягається широким набором, близько п'ятдесяти показників, що характеризують абіотичну і біотичну складові водних екосистем. При усій своїй досконалості і можливості отримання об'єктивної оцінки, ця методика є громіздкою, потребує великого об'єму вихідної інформації, якої дослідники зазвичай не мають.

Більш простою, але достатньо надійною і добре відпрацьованою є методика оцінки якості за індексом забрудненості (ІЗВ), яка була рекомендована для використання Гідрометслужби. [22, с.146-147]

За цією методикою була оцінена якість води р. Прут на досліджуваній ділянці. Величина індексів забрудненості води, розраховані за середніми річними значеннями показників наведені в табл.

Таблиця 3.10

Величина індексу забрудненості (ІЗВ) води р. Прут – м. Яремче, 2012-2018 рр.

Рік	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Середній багаторічний
ІЗВ	0,71	1,09	0,95	0,80	0,80	0,72	0,92	0,79

Як видно з таблиці 3.10, протягом періоду досліджень величина ІЗВ змінювалась в межах 0,71 – 1,09, у середньому її значенні становить 0,79. Згідно одержаних ІЗВ, вода у створі р. Прут – м. Яремче може бути віднесеною до другого класу якості і охарактеризована як «чиста». Для вод другого класу характерні деякі зміни, у порівнянні з природним станом, але не спостерігається порушення екологічної рівноваги біоценозів.

В окремі проміжки досліджуваного періоду спостерігаються погіршення якості води, зокрема, така ситуація була характерна для 2013, 2014 і 2018 років (рис. 3.10.).

Рисунок 3.10.

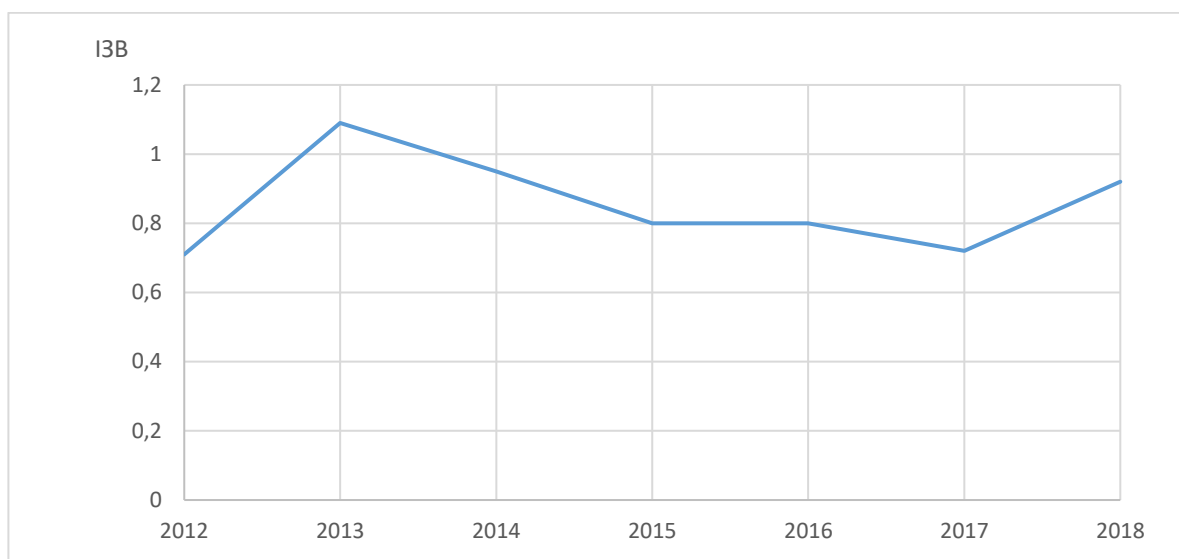


Рис. 3.10. Індеси забрудненості води р. Прут – м. Яремче, 2012 – 2018 рр.

Погіршення якості води у ці роки відбувались внаслідок підвищення вмісту фенолів, в окремих випадках – до 4 ГДК.

Інтеграція України до Європейського Союзу, приймання для оцінки якості вод положень Водної Рамкової Директиви ЄС (ВРД) вимагає перегляду методики оцінки якості води і, в першу чергу – перегляду, переліку і вимог величин ГДК речовин, які нормуються в природних водах.

Для кожного типу поверхневого водного об'єкта, згідно Водної Рамкової Директиви ЄС (ВРД ЄС), повинні бути встановлені типоспецифічні (рефренсні) умови, які репрезентують відповідні величини фізико-хімічних елементів якості води. Рефренсні умови повинні представляти величини елементів якості, які відповідають відмінному якісному стану водного об'єкта. В таблиці 3. 10., згідно вимог ВРД ЄС, наводяться загальні умови забезпечення відмінного стану річкових вод.

Таблиця 3.10

Нормативні визначення класифікації екологічного стану річок за фізико-хімічними елементами якості (ВРД) [2]

Елемент	Відмінний стан
Загальні умови	Значення фізико-хімічних елементів повністю або майже повністю збігаються з непорушними умовами. Концентрації поживних речовин залишаються в межах норми, характерної для непорушених умов. Рівні солоності, рН, буферна ємність і температура не вказують на ознаки антропогенного впливу та залишаються в межах норми, характерної для непорушених умов.
Специфічні синтетичні речовини-забрудники	Концентрації, що близькі до нуля та принаймні нижчі за межі виявлення за допомогою найбільш досконалих аналітичних методів, які широко використовуються
Специфічні несинтетичні речовини-забрудники	Концентрації залишаються в межах діапазону, який звичайно відповідає непорушеним умовам (фонові рівні)

Такі вимоги відповідають першому (I) класу якості і можуть бути забезпеченими при граничних значеннях гідрохімічних показників, прийнятих згідно ВРД ЄС, або їх фонових непорушених значеннях. В таблиці 3.11, наведені граничні значення гідрохімічних показників, які відповідають (I) класу якості води згідно вимог ВРД/ЄС, (2)ДСТУ 4808:2007(3), методиці розрахунку ІЗВ. [2]

Таблиця 3.11

Граничні значення гідрохімічних показників, які відповідають першому класу якості води

Показник якості	Одиниця вимірювання	Граничне значення показника, яке відповідає першому класу якості води, згідно:		
		ВРД	ДСТУ 4808:2007	Методики розрахунку ІЗВ
Каламутність	мг/дм ³		<20	
Сухий залишок	мг/дм ³		<400	
Сульфати	мг/дм ³		<40	
Хлориди	мг/дм ³		<30	
Жорсткість загальна	мг-ек/дм ³		<3	
Водневий показник	одиниці рН		6,9-7,5	
Азот амонійний	мгN/дм ³	0,2	<0,10	0,39
Азот нітритний	мгN/дм ³	0,01	<0,002	0,02
Азот нітратний	мгN/дм ³	1	<0,2	
Фосфор фосфатів	мгP/дм ³		<0,015	
Розчинений кисень	мгО/дм ³	7	>8	>6
Окиснюваність перманганатна	мгО/дм ³	5	<3,0	
Окиснюваність біхроматна	мгО/дм ³		<9,0	
БСКп	мгО/дм ³	3	<1,3	<3
Залізо загальне	мг/дм ³		<50	
Мідь	мг/дм ³	фон	<1	
Хром	мг/дм ³	фон	<4	
Цинк	мг/дм ³	фон	<10	
Нафтопродукти	мг/дм ³		<10	50
СПАР	мг/дм ³		<10	
Феноли леткі	мг/дм ³		<1	1

Фонові концентрації забруднюючих речовин можуть бути встановлені за результатами проведення спеціальних гідрохімічних досліджень.

Навіть просте порівняння, даних (табл. 3.11.) показує, що для оцінки якості природних вод згідно вимог ВРД ЄС перелік нормативних показників якості повинен бути переглянутим, значення ГДК, відкориговані.

Висновки

За співвідношенням вмісту головних іонів води річки Прут є гідрокарбонатно- кальцієвий першого типу, зі змінами водності відбувається і

певні зміни хімічного складу води та, у періоди низької межні за рахунок надходження більших мінералізацій підземних вод формується гідрокарбонатно-магнієво-кальцієві води з мінералізацією до 115 мг/ дм³

В іонному складі вод серед аніонів переважають гідрокарбонати, катіонів – іони кальцію. Мінералізація вод визначається водністю річки, максимальне є при низьких витратах 5-20 м³/с стрімко знижуючись при збільшенні водності до 20 м³/с.

Вміст розчинного кисню у водах гірської течії Пруту є високим – до 9 – 14 мг/дм³ це пояснюється низьким вмістом речовин природного і антропогенного походження і не високими температурами води. Важливим чинником формування високого вмісту кисню є інтенсивна аерація вод.

Вміст біогенних речовин – мінеральних сполук азоту і сумарного заліза є низьким, перевищення ГДК протягом досліджуваного періоду не спостерігалось. Підвищення концентрації цих речовин спостерігалось під час підвищеної водності що пояснюється їх змивом з поверхневих стоком під час паводків.

Вміст органічних речовин (за ХСК) не перевищував ГДК.

Вміст нафтопродуктів і синтетичних поверхневих речовин не перевищувало встановлених ГДК. В окремі періоди спостерігались підвищенні концентрації фенолів, які помітно – у 3-4 рази перевищували ГДК. Така ситуація характерна для вод річок Прут і Сірет.

Води гірської частини течії Пруту за величиною індексу ІЗВ за досліджуваний період можуть бути оцінені як чисті, другого класу якості. Для таких вод характерні деякі зміни у порівнянні з природним станом (перший клас) проте не спостерігалось порушення екологічної рівноваги.

В окремі роки досліджуваного періоду спостерігалось погіршення якості вод до третього класу (помірно забруднених 2013, 2014 та 2018) причиною погіршення якості води були підвищення вмісту фенолів (до 0,004 мг/дм³).

Інтеграція України до Європейського Союзу, прийняття до виконання вимог Водної Рамкової Директиви потребує змін підходів до оцінки якості вод, зокрема щодо переліку забруднених речовин і встановлення для них допустимих граничних концентрацій. Особливо це стосується оцінки якості вод в референційних умовах до яких можна віднести води гірської частини річки Прут.

ВИСНОВКИ

1. У гірській частині басейну річки Прут формується значна частина його стоку. Геологічний склад гірських порід басейну і малий вміст розчинних речовин в гірських ґрунтах визначають низьку мінералізацію вод поверхневого стоку і її незначні зміни протягом року.

2. В гірській частині басейну річки мала густина населення, основними галузями господарства є лісова, тваринництво, інтенсивно розвивається рекреаційна галузь. На разі в цій частині басейну Пруту спостерігається низький рівень антропогенного навантаження.

3. Первинний склад руслових вод річок формується під впливом природних чинників. Концентрації шкідливих речовин природного походження є зазвичай низькими зміни хімічного складу вод і погіршення їх якості є наслідком антропогенного впливу.

4. За співвідношенням вмісту головних іонів води річки Прут є гідрокарбонатно- кальцієвий першого типу, зі змінами водності відбувається і певні зміни хімічного складу води та, у періоди низької межені за рахунок надходження більших мінералізацій підземних вод формується гідрокарбонатно-магнієво-кальцієві води з мінералізацією до 115 мг/ дм³

5. В іонному складі вод серед аніонів переважають гідрокарбонати, катіонів – іони кальцію. Мінералізація вод визначається водністю річки, максимальне є при низьких витратах 5-20 м³/с стрімко знижуючись при збільшенні водності до 20 м³/с.

6. Вміст розчинного кисню у водах гірської течії Пруту є високим – до 9 – 14 мг/дм³ це пояснюється низьким вмістом речовин природного і антропогенного походження і не високими температурами води. Важливим чинником формування високого вмісту кисню є інтенсивна аерація вод.

7. Вміст біогенних речовин – мінеральних сполук азоту і сумарного заліза є низьким, перевищення ГДК протягом досліджуваного періоду не

спостерігалось. Підвищення концентрації цих речовин спостерігалось під час підвищеної водності що пояснюється їх зливом з поверхневих стоком під час паводків.

Вміст органічних речовин (за ХСК) не перевищував ГДК.

Вміст нафтопродуктів і синтетичних поверхневих речовин не перевищувало встановлених ГДК. В окремі періоди спостерігались підвищенні концентрації фенолів, які помітно – у 3-4 рази перевищували ГДК. Така ситуація характерна для вод річок Прут і Сірет.

8. Води гірської частини течії Пруту за величиною індексу ІЗВ за досліджуваний період можуть бути оцінені як чисті, другого класу якості. Для таких вод характерні деякі зміни у порівнянні з природним станом (перший клас) проте не спостерігалось порушення екологічної рівноваги.

9. В окремі роки досліджуваного періоду спостерігалось погіршення якості вод до третього класу (помірно-забруднених 2013, 2014 та 2018рр.) причиною погіршення якості води були підвищення вмісту фенолів (до 0,004 мг/дм³).

10. Інтеграція України до Європейського Союзу, прийняття до виконання вимог Водної Рамкової Директиви потребує змін підходів до оцінки якості вод, зокрема щодо переліку забруднених речовин і встановлення для них допустимих граничних концентрацій. Особливо це стосується оцінки якості вод в референційних умовах до яких можна віднести води гірської частини річки Прут.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Владимирова А.М. Гидрологические расчеты. Ленинград Гидрометеиздат, 1990. 360 с.
2. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006 р.
3. Географічна енциклопедія України. Київ: «Українська Радянська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана. 1989-1993. 1376 с.
4. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика, В.Н. Виниченко, Е.М. Аверочкин. Эколайн, 2000. 342 с.
5. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. Збірник. Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2011. Т. 2(23). 234 с.
6. Гідрохімія України: Підручник, Л. М. Горев, В. І. Пелешенко, В. К. Хільчевський. – Київ, Вища школа, 1995. 307с.
7. Горев Л. Н., Никаноров А. М., Пелешенко В. И. Региональная гидрохимия. – Київ: Вища школа. Головное издательство, 1989. 280с.
8. Гусев, А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. А.Г. Гусев. М. : Пищевая пром-сть, 1975. 368 с.
9. Загальна гідрологія. За ред. В. К. Хільчевського і О. Г. Ободовського: Підручник. 2-ге вид., доповнене. — Київ: ВПЦ «Київський університет», 2008. 399 с.
10. Зенин А.А. Гидрохимический словарь. Зенин А.А., Белоусова Н.А. Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. 239 с.
11. Л. А. Горбачёва, С.Л. Барандич. Український гідрометеорологічний інститут, Київ. 2016. 103с.
12. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. Издво МГУ, 1986. 264с.
13. Методика гидрохимических исследований. Горев Л. Н., Пелешенко В. И. Київ: Вища школа. Головное изд-во, 1985. 215с.
14. Методика. КНД 211.1.4.010.94. – Київ, 1994. 37 с.

15. Никаноров А.М. Гидрохимия. Никаноров А.М. Ленинград. Гидрометеиздат, 1989. 351 с.
16. О. А. Алекин. Гидрохимия, Гидрометеиздат. Ленинград. 1952.
17. Ободовський О.Г. Руслові процеси: Навчальний посібник. Київ: РВЦ «Київський університет», 1998. 134 с.
18. Осадчий В.І. Гідрохімічний довідник: Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. - Київ. «Ніка-центр» 2008. 656 с.
19. План управління вибраного басейну в Україні. Басейн Прута. Проект. Підготовлено УНЕНГО «МАМА-86». 2015. 84с.
20. Природа Івано-Франківської області. Під ред. К.І. Геренчука. Львів: Видавниче об'єднання «Вища школа». 1973. 160 с.
21. Р. А. Нежиховский. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. Ленинград. Гидрометеиздат, 1990.
22. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: Сніжко С.І. – Київ. Ніка-Центр, 2001. 264 с.
23. Сніжко С.І. Характеристики стану досліджень та вміст у біогенних речовин у вод і річок України. Сніжко С.І., Серета К.А. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник. – 2001. Т.2. 511-521 с.
24. Хільчевський В.К. Основи гідрохімії : підручник В.К. Хільчевський, В.І. Осадчий, С.М. Курило. Київ. Ніка-Центр, 2012. 312 с.
25. Хільчевський В.К. Хімічний аналіз вод: навчальний посібник / Хільчевський В.К. Київ. Видавничо-поліграфічний центр, Київський університет, 2004. 61с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А. 3.1

Вміст головних іонів у воді р. Прут – м. Яремче за 2008-2018 рр., мг/дм³

<i>Роки</i>	<i>HCO₃⁻</i>	<i>SO₄²⁻</i>	<i>Cl</i>	<i>Ca²⁺</i>	<i>Mg²⁺</i>	<i>K⁺ + Na⁺</i>	<i>Сухий залишок</i>
2008	<u>67-128</u> 98,8	<u>10-49</u> 25,2	<u>3,5-5,3</u> 4,68	<u>21-35</u> 27,4	<u>1,8-4,3</u> 2,9	<u>6-31</u> 14,2	<u>96-187</u> 143,4
2009	<u>110-140</u> 120	<u>12-20</u> 15,3	<u>5,3-7,1</u> 6,5	<u>30-36</u> 33	<u>5,5-6,7</u> 6,23	<u>6-10</u> 7,83	<u>141-164</u> 155,33
2010	<u>98-116</u> 108	<u>25-33</u> 28,33	<u>5-10</u> 6,66	<u>29-30</u> 29,33	<u>4,3-7,3</u> 5,86	<u>9-19</u> 15,33	<u>129-187</u> 165,66
2011	<u>73-146</u> 99	<u>28-33</u> 31,25	<u>3,5-5</u> 4,07	<u>18-40</u> 26,75	<u>4,3-8,5</u> 6,25	<u>12-20</u> 15	<u>134-246</u> 177
2012	<u>122-146</u> 137	<u>30-36</u> 31,75	<u>7-14</u> 10,25	<u>28-50</u> 38,25	<u>3,6-7,3</u> 5,62	<u>13-19</u> 16,5	<u>189-254</u> 228
2013	<u>92-159</u> 129,75	<u>25-44</u> 35,25	<u>7,1-14</u> 10,25	<u>26-37</u> 33,75	<u>2,4-8,5</u> 6,52	<u>18-25</u> 21,5	<u>189-261</u> 238,25
2014	<u>92-153</u> 131,25	<u>33-42</u> 37,5	<u>7,1-27</u> 19,27	<u>22-37</u> 31,5	<u>1,2-7,9</u> 5,92	<u>27-43</u> 34,25	<u>180-302</u> 259,25
2015	<u>104-146</u> 125	<u>24-50</u> 34,5	<u>3,5-21</u> 11,4	<u>21-38</u> 30,75	<u>3,6-6,7</u> 5,32	<u>23-34</u> 28	<u>198-281</u> 239,75
2016	<u>116-153</u> 134,25	<u>28-43</u> 36,75	<u>4,9-11</u> 8,02	<u>26-72</u> 41,45	<u>3-9,6</u> 5,1	<u>30-72</u> 42	<u>221-330</u> 269,25
2017	<u>98-110</u> 104	<u>31-47</u> 38	<u>8,9-12</u> 10,72	<u>27-35</u> 32,25	<u>3-4,3</u> 3,47	<u>19-28</u> 22,25	<u>206-236</u> 223,75
2018	<u>61-98</u> 77,75	<u>32-35</u> 33,5	<u>8,9-11</u> 9,97	<u>26-32</u> 30	<u>3-3,6</u> 3,2	<u>7,9-17</u> 11,97	<u>154-211</u> 184

Додаток Б

Таблиця Б. 3.3

Вміст хімічних речовин у воді р. Прут – м. Яремче за 20012-2019 рр., мг/дм³

Дата	Q	t	O2	HCO3	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO4	ХПК	БПК	Феноли	Нафтопр	СПАР	Азт амон	Азт нітри	Азт нітра	Фосфати	Залізо	Мідь	Цинк	Хром	Марган	Σi
03.21.2012	16,6	0,8	12	142	15,4	35,3	13,1	26,1	18,1	34,3	3,30	0,001	0,04	0	0,52	0,022	0,39	0,013	0,07	0	0	2,1	251	
05.18.2012	14,7	10,8	12	94,6	16,1	24,8	10,7	25,8	23,3	58,2	2,40	0	0,05	0,02	0,6	0,01	0,29	0,02	0,20	0	0	4,2	195	
03.21.2012	16,6	0,9	12,3	141,9	15,1	34,5	17	34,2	20,7	42,2	5,50	0,002	0,08	0,01	0,32	0,036	0,39	0,013	0,07	0	0	8,3	263	
05.18.2012	14,7	11,3	13,4	94,6	18,4	24,8	1,2	27,6	23,3	66,8	2,60	0	0,19	0,04	1,47	0,01	0,29	0,018	0,63	0	0	10	199	
сума	62,6	23,8	49,7	473,1	65	119,4	42	113,7	85,4	201,5	13,80	0,003	0,36	0,07	2,91	0,078	1,36	0,064	0,97	0	0	24,6	908	
сер за рік	15,65	5,95	12,425	118,275	16,25	29,85	10,5	28,425	21,35	50,375	3,45	0,00075	0,09	0,0175	0,7275	0,0195	0,34	0,016	0,2425	0	0	6,15	227	
03.08.2013	10,8	1,2	12,8	133	4,47	29,4	12,1	5,29	15	14,5	2,30	0	0	1,50	0,039	0,19	0,008	0,33	0	5	5,5	199		
04.05.2013	36,6	2,5	13	170	16,9	25,2	15,8	4,58	17,1	9,84	3,80	0	0	0,53	0,012	0,41	0,025	0,87	16,7	35	5	248		
06.26.2013	36	17,6	13,8	97,8	0,60	35,3	4,38	10,5	23,2		2,60	0	0	0,6	0,012	0,44	0,013	1,1	18	19	2,9	178		
09.02.2013	27,4	12,5	13,7	106	1,26	39,3	4,38	10,2	16,9		1,60	0	0	4,47	0,01	0,40	0,008	0,6	3,3	5	1,7	178		
12.24.2013	4,6	0	9,16	122	0,93	45	8,93	24,3	15,5		2,40	0	0	3,92	0,023	0,48	0,008	0,05	0	5	0	217		
03.08.2013	10,8	1	12,3	143	4,88	28,6	16,3	7,05	20	16,6	1,70	0,004	0	2,00	0,038	0,19	0,013	0,33	16	25	5,5	220		
04.05.2013	36,6	2,5	13	188	27,6	25,2	13,3	4,58	13,3	17,1	3,80	0	0	0	0,007	0,25	0,03	0,73	0	35	7	271		
06.26.2013	36	17,8	13,4	97,3	0,80	30,5	8,27	7,02	21,1		2,50	0	0	0,6	0,012	0,40	0,015	1,17	14	15	2,9	165		
09.02.2013	27,4	12,5	12,5	110	0,98	33,7	8,27	10,2	15,1		1,70	0	0	3,41	0,007	0,26	0,03	1,93	6,7	7,5	1,7	178		
12.24.2013	4,6	0	9,16	126	5,34	41,7	9,92	24,3	17,5		2,45	0	0	4,2	0,02	0,45	0,008	1,1	5,3	15	0	225		
сума	230,8	67,6	122,82	1293,1	63,76	333,9	101,65	108,02	174,7	58,04	24,85	0,004	0	21,23	0,18	3,47	0,158	7,22	80	166,5	32,2	2079		
сер за рік	23,08	6,76	12,282	129,31	6,376	33,39	10,165	10,802	17,47	14,51	2,49	0,0004	0	2,12	0,018	0,347	0,0158	0,722	8	16,65	3,22	207,9		
02.26.2015	6,64	0,5	9,16	122	1,02	37,4	6,86	9,24	10,4		4,96	0	0	0,65	0,003	0,42	0,005	0,11	4	7	0	167		
03.13.2015	7,62	6,2	13,6	107	9,76	36,5	1,58	12,1	12,2		3,3	0	0	0,18	0,009	0,42	0,024	0,25	8	10	0	179		
08.05.2015	14,3	17,6	9,24	155	6,62	43,7	5,52	7,05	7,69	71,6	3,2	0	0	2,32	0,006	0,29	0,024	0,18	4	5	1,7	226		
11.10.2015	3,04	7	12	117	2,67	33,7	7,3	9,36	9,61	66,4	3,8	0	0	0,22	0,004	0,4	0,056	0,04	15	20	6,9	160		
12.30.2015	6,12	0,4	12	116	5,55	36,7	6,73	17,3	10,6		4,8	0	0	1,03	0,003	0,46	0,056	0,2	6,7	12	3,5	193		
02.26.2015	6,64	0,5	9,16	134	1,77	44,4	3,69	6,39	10,4		4,96	0	0,02	3,7	0,005	0,46	0,008	0,16	6,7	9,5	0	200		
03.13.2015	7,62	0,2	13,8	105	4,65	36,5	3,17	11,4	11,3		3,4	0	0	0,31	0,009	0,42	0,015	0,16	5,3	10	0	172		
08.05.2015	14,3	18	9,24	151	5,37	41,9	6,07	5,29	8,65	78	3,3	0	0,02	5,89	0,005	0,38	0,027	0,11	5,3	7,5	1,7	218		
11.10.2015	3,04	7	11,3	123	3,69	35,3	5,84	6,48	9,61	62,1	3,55	0	0	0,18	0,006	0,44	0,067	0,04	17	22	5,2	184		
12.30.2015	6,12	0,4	11,3	120	6,06	43,5	3,63	18	11,5	18	4,25	0	0	1,43	0,005	0,48	0,125	0,17	6,7	17	1,7	203		
сума	75,44	57,8	110,8	1250	47,16	389,6	50,39	102,61	101,96	296,1	39,52	0	0,04	15,91	0,055	4,17	0,407	1,42	78,7	120	20,7	1902		
сер за рік	7,544	5,78	11,08	125	4,716	38,96	5,039	10,261	10,196	59,22	3,952	0	0,004	1,591	0,0055	0,417	0,0407	0,142	7,87	12	2,07	190,2		
03.11.2016	9,2	4,9	12,3	138	3,87	39,6	8,52	5,27	20,1	9,52	1,7	0	0	0,4	0,003	0,47	0,013	0,05	3,4	5	0	216		
04.15.2016	26,1	8,4	13,3	139	0,99	38,1	10,8	6,37	17,5	13,4	2,5	0	0	0,09	0,001	0,42	0,035	0,09	3,4	5	8,7	213		
06.23.2016	14,1	17,2	13,7	156	4,27	35,8	13,2	8,56	11,3	12	3,5	0	0	0,58	0,001	0,42	0,089	0,57	6,7	7,5	6,9	230		
11.29.2016	8,55	0,1	10,7	129	2,89	32,2	11,6	8,3	15,4	10,4	1,9	0	0	0,49	0,006	0,38	0,013	0,11	4	6,5	3,5	200		
12.28.2016	4,1	0	12	146	2,74	40	11,6	11,8	16,3	10,4	2,35	0	0	0,58	0,011	0,4	0,018	0,1	6,7	8	3,5	228		
03.11.2016	9,2	4,9	13,9	139	7,63	38	8,52	7,39	20,2	11,3	2,3	0	0	0,49	0,003	0,48	0,016	0,12	6,7	10	5,2	220		
04.15.2016	26,1	8,4	13,9	139	3,71	34,7	11,8	6,72	18,4	18,4	3,3	0	0	0,04	0,001	0,46	0,035	0,11	6,7	7,5	12	214		
06.23.2016	14,1	17,2	13,4	164	11,1	33,3	14,2	9,63	15	16,6	3	0,002	0	0,4	0,001	0,48	0,095	0,68	9,3	10	10	247		
11.29.2016	8,55	0,1	11,3	118	0,65	30,4	11,6	9	15,4	22,7	2,35	0,001	0	0,58	0,006	0,39	0,016	0,12	6,7	9	5,2	185		
12.28.2016	4,1	0	12	128	3,44	34,4	11,9	12,4	18,2	29,1	3	0,001	0	0,58	0,005	0,44	0,022	0,07	8	11	5,2	200		
сума	124,1	61,2	126,5	1396	41,29	356,5	113,74	85,44	167,8	153,82	25,9	0,004	0	4,23	0,008	4,34	0,352	2,02	61,6	79,5	60,2	2153		
сер за рік	12,41	6,12	12,65	139,6	4,129	35,65	11,374	8,544	16,78	15,382	2,59	0,0004	0	0,423	0,0038	0,434	0,0352	0,202	6,16	7,95	6,02	215,3		
28.02.2017	12,5	0,8	9,16	71,1	19,6	32,9	9,18	7,5	11,4	14,6	4,76	0	0	0,18	0,002	0,41	0,011	0,05	6	10	0	112		
21.04.2017	14,1	2,6	13,8	211	4,8	50,4	13,5	4,7	10,5	25,8	3,2	0	0	0,27	0,007	0,44	0,043	0,2	2,7	3,5	1,7	295		
23.10.2017	4,35	9,6	14,2	150	13,2	38,2	5,43	5,4	13,2	39	2,1	0	0	0,36	0,004	0,38	0,03	0,11	5,3	6	1,7	226		
07.12.2017	6,12	0,8	10,7	108	1,5	24,5	10,4	5	11,4	21,9	1,6	0	0	0,27	0,001	0,32	0,014	0,27	4	5	3,5	161		
28.02.2017	12,5	0,8	9,06	80,4	15,6	37,4	8,1	9,7	15,2	18,1	4,96	0	0	0,22	0,004	0,48	0,011	0,05	9,3	10	1,7	135		
21.04.2017	14,1	2,7	13,6	205	9,28	47,8	13	5,8	14,3	27,7	3,1	0	0	0,18	0,003	0,48	0,046	0,09	6	8,5	1,7	295		
23.10.2017	4,35	9,6	14,1	148	0,67	50,4	1,48	1,5	9,4	130,7	1,9	0,002	0	4,24	0,009	0,51	0,214	0,11	8	9,5	19	211		
07.12.2017	6,12	0,8	10,5	115	4,05	26,6	10,2	7,1	11,4	22,8	1,3	0	0	0,04	0,001	0,39	0,019	0,23	5,3	7	1,7	174		
сума	74,14	27,7	95,12	1088,5	68,7	308,2	71,29	46,7	96,8	300,6	22,92	0,002	0	5,76	0,031	3,41	0,388	1,11	46,6	59,5	31	1609		
сер за рік	9,2675	3,4625	11,89	136,0625	8,5875	38,525	8,91125	5,8375	12,1	37,575	2,865	0,00025	0	0,72	0,003875	0,42625	0,0485	0,13875	5,825	7,4375	3,875	201,125		
05.02.2019	1,32	1,2	9,16	121	49,2	4,4	2,19	3,5	14,1	79,8	2,04	0	0	0,36	0,001	0,016	0,022	0,9	8	8,5	6,9	194		
0																								