

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра екологічного права і
контролю

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Оцінка якості вод української частини Дунаю існуючими
методами»

Виконала магістрант 2 курсу
групи МЕК – 2
Спеціальності 101 «Екологія»
Слига Світлана Віталіївна

Керівник асистент
Кур'янова Світлана Олександрівна

Консультант к.геогр.н., доц.
Сапко Ольга Юріївна

Рецензент к.техн.наук., доц.
Юрасов Сергій Миколайович

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему «Оцінка якості вод української частини Дунаю існуючими методами», автор – магістрантка Слига Світлана Віталіївна.

Метою магістерської роботи є оцінка якості вод української частини Дунаю існуючими методами.

Об'єктом дослідження є води річки Дунай. Предметом дослідження – контролюючі створи поблизу міст Рені, Ізмаїл, Кілія, Вілкове.

Методом дослідження є оцінка якості вод за розрахованими середньорічними концентраціями забруднюючих речовин (період 2010-2017рр..) за існуючими методами.

Магістерська кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, та переліку джерел посилання (16 найменувань) Загальний обсяг роботи складає 70 сторінок.

Ключові слова: оцінка якості вод, індекс забруднення, комплексний індекс забруднення, екологічний індекс.

SUMMARI

Master's degree work on a theme the « Water Quality Assessment for the Ukrainian Part of the Danube by the Instrumentality of the Existent Methods », author, – magistrate of Slyha Svitlana.

The purpose of the master's thesis is to assess the quality of water in the Ukrainian part of the Danube by existing methods.

The object of the study is the waters of the Danube River. The subject of the study is controlling buildings near the cities of Reni, Izmail, Kilia, Vilkovo.

The research method is the assessment of the quality of water according to the calculated average annual concentrations of pollutants (period 2010-2017) according to existing methods.

Master's qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, and a list of sources of reference (16 titles). The total volume of work is 70 pages.

Key words: water quality assessment, pollution index, complex pollution index, ecological index.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНЬОГО ДУНАЮ	8
1.1 Гідрологічні та кліматичні характеристики	8
1.2 Гідрохімічна характеристика	15
1.3 Флора та фауна	19
1.4 Джерела забруднення української частини річки Дунай	20
2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОД	24
2.1 Оцінка за санітарними нормами якості вод.....	24
2.2 Рибогосподарські норми якості вод	28
2.3 Методи комплексних індексів	31
2.2.1 Індекс забруднення вод (ІЗВ).....	31
2.2.2 Комплексний індекс забруднення (КІЗ).....	32
2.2.3 Коефіцієнт забруднення χ	36
2.2.4 Комплексний показник екологічного стану (КПЕС).....	37
2.2.5 Узагальнений екологічний індекс I_E	39
2.2.6 Узагальнений індекс стану вод $I_{СВ}$	45
3 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД ЗА РІЗНИМИ МЕТОДАМИ.....	48
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	60
ДОДАТОК.....	62

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ГДК - гранично допустима концентрація;

ВГК - водогосподарський комплекс;

КНС - каналізаційна насосна станція;

ЛОШ - лімітуючі ознаки шкідливості;

ІЗВ - індекс забруднення вод;

КІЗ - комплексний індекс забруднення;

КПЕС - комплексний показник екологічного стану.

ВСТУП

Якість води — поєднання хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води водного об'єкта, яке визначає її придатність для певних видів використання. Якість води належить до найважливіших характеристик водних ресурсів, що визначають можливість їх раціонального використання та охорони від забруднення та виснаження. Вода — джерело життя. Споживання неякісної питної води загрожує важкими наслідками для здоров'я людини.

На даний час державними органами по всій території України проводить регулярний моніторинг якості поверхневих вод, не виключенням є басейн річки Дунай, якість вод якої перебуває під значною увагою, оскільки даний басейн є трансграничним.

Оцінка показників якості води дає змогу встановити відповідність чи невідповідність води певного водного об'єкта вимогам, які висуваються тими чи іншими водокористувачами. Критерієм оцінки допустимості вмісту речовин у воді є гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у них, а також їх загальносанітарна характеристика.

Обов'язковою умовою для виконання оцінки якості поверхневих вод є суворе дотримання офіційно виданих методик аналізу складу і властивостей води у відібраних пробах за багатьма показниками.

Процедура виконання оцінки якості поверхневих вод складається з чотирьох послідовних етапів:

- етап групування та обробки вихідних даних;
- етап визначення класів і категорій якості води за окремими показниками;

- етап узагальнення оцінок якості води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) за окремими блоками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води;

- етап визначення об'єднаної оцінки якості води (з визначенням класу і категорії) для певного водного об'єкта в цілому чи його окремих ділянок за певний період спостережень.

Метою оцінки якості поверхневих вод є упорядкування наявних матеріалів з вихідними даними, проведення екологічної оцінки стану водного об'єкта та розробка рекомендацій по застосуванню одержаних результатів досліджень в практичній діяльності природоохоронних організацій.

Основні завдання оцінки якості води полягають в дослідженні формування якісних показників поверхневих водних ресурсів в конкретних природно-кліматичних умовах, проведенні ретроспективної екологічної оцінки якості води, вивченні динаміки накопичення забруднюючих речовин у водних об'єктах, дослідженні екологічних параметрів стоку поверхневих вод, розробка конкретних заходів щодо поліпшення якості поверхневих вод.

Очевидно, що при такій кількості розрахунків, які мають бути проведені під час оцінки поверхневих вод, необхідним є застосування сучасних інформаційних технологій як для проведення даних розрахунків так і для візуалізації їх результатів [1].

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНЬОГО ДУНАЮ

1.1 Гідрологічні та кліматичні характеристики

Гідрології Дунаю присвячено безліч наукових праць, а також видань інформаційного змісту [1-5]. Не маючи змоги зупинитися на всіх роботах, можна згадати хоча б кілька, які містять цікаві думки щодо природи річки.

Зокрема, в роботі В.В.Поліщука [2] обґрунтовується теза про те, що в порівняно недавні часи - кілька тисяч років тому Дунай впадав у море не тільки в добре знайомому місці, але й в тисячі кілометрах від нього - в північну частину Адріатичного моря. Підтвердження цього автор [2] вбачає в історичних фактах, викладених в Іліаді, неотектонічних рухах, порівняльному аналізі представників тваринного світу. Зокрема, автор наводить дані про існування в північній Адріатиці тих самих видів водних організмів, що й у Чорному морі. На думку В.В.Поліщука, основним чинником, що припинив існування гирла Дунаю в Адріатичне море, став інтенсивний підйом земної поверхні між річкою та морем.

Відомий дослідник морських берегів В.П.Зенкович у своїй роботі [3] пояснив існування в дельті Дунаю пагорбів (гринду) із добре відмитого піску, які принципово не можуть мати річкове походження. Причиною утворення цих пагорбів є вздовжберегові потоки наносів, які формуються під дією моря.

Значно розширились наукові дослідження на українській частині Дунаю у вісімдесяті - дев'яності роки, що було пов'язано з планами широкомасштабного гідрологічного будівництва на півдні країни, зокрема спорудження водогосподарського комплексу (ВГК) Дунай - Дніпро. У 1980 році Інститут гідробіології було визначено головним з екологічного обґрунтування цього проекту. На сьогоднішній день відповідальність за управління водними ресурсами покладена на кілька державних інституцій:

Міністерство екології і природних ресурсів України, МОЗ, Державний комітет по водному господарству, та Департаменти: з питань гідрометеорології, з питань геології та мінеральних ресурсів, які у квітні 1999 року були підпорядковані Мінекоресурсів України.

Дунай належить до числа найбільших річок Європи. Площа басейну річки - 817 тис.км², довжина - 2857 км [1].

Середній багаторічний стік річки у вершині дельти (в/п Рені) за період спостережень 1921-1997 рр. становить 6470 м³/с, або 204 км³.

Річка бере початок у горах Шварцвальд (з німецької - «Чорний ліс») у Німеччині. Нижче за течією Дунай перетинає, або ж до нього мають вихід такі держави: Австрія, Словаччина, Угорщина, Хорватія, Югославія, Румунія, Болгарія, Молдова та Україна. Отже, суто Дунайськими можуть вважатися 10 держав.

Довжина річки в межах окремих країн значно різниться. Найбільша вона у Румунії (1075 км). Найменша ділянка виходу до річки - у Молдови (ще донедавна близько 1 км).

Водночас басейн Дунаю охоплює територію ще кількох країн: Швейцарії, Чехії, Італії, Словенії, Боснії і Герцеговини, Албанії, Македонії, Польщі. Отже, стік річки (а отже і якість) формується на території 18 європейських держав.

Власне Дунай утворюється в результаті злиття двох гірських річок: Брега та Бригаха, які зливаються в 2780 км від моря. Далі річка перетинає Швабський Альб. На цій, а також на нижчерозташованій ділянці, поширені карстові породи. Тут частина стоку річки втрачається, поповнюючи Рейн. Далі річка тече, отримуючи живлення з передгір'їв Альп. Нижче від м.Регенсбурга (Німеччина) - першого великого міста на річці гірське оточення Дунаю стає все більш виразним. За межі гір Дунай виходить в Австрії поблизу Відня. Тут водність річки стає більшою, ніж Дніпра в гирлі [1].

Нижче Відня Дунай переважно має рівнинний характер. На цій ділянці

розташовані такі міста, як Братислава, а ще нижче - Будапешт. У межах Угорщини Дунай тече через Середньо-Дунайську (Велику Угорську) низовину. Про гірське походження річки нагадує велика мутність, а також паводковий режим. Особливістю річки є також доволі велика швидкість течії.

Гірський рельєф знов проявляється на Хорватській та Югославській ділянках річки. Тут Дунай приймає свої головні притоки - Драву, Тису та Саву. Згідно з [1] місце їх впадіння в річку є таким: 1384, 1215 і 1171 км від гирла. З-поміж інших притоків найбільшу водозбірну площу має Тиса - 157,2 тис.км². Незважаючи на те, що до гирла Дунаю залишається ще понад 1000 км, його водність нижче місця впадіння річки Сави зростає всього на 10%.

Черговий перетин гір має місце в районі, де сходяться Карпати та гірський масив Стара Планина. Перерізаючи гори, річка тут утворює так звані долини прориву (Залізні Ворота, Казане). На цих ділянках відбувається різке звуження долини і русла; водночас зростають глибини (до 50 м), а також швидкість течії.

Проминувши зазначену ділянку, Дунай у межах Румунії здебільшого являє собою рівнинну річку. Основні притоки беруть початок у Карпатах та на Старій Планині, що у Болгарії. Поблизу міста Галац (Румунія) річка повертає на схід. Перед м.Тулча (Румунія) Дунай розгалужується на два приблизно рівних рукави (гирла) - північний Кілійський та південний Тулчинський. Кількома кілометрами нижче Тулчинське гирло ділиться на лівий Сулинський та правий Георгіївський. Територія, оточена Кілійським та Сулинським рукавами, має назву о.Летя, між Сулинським та Георгіївським рукавами - о.Сфинтул-Георге. У Чорне море Дунай впадає трьома основними рукавами, які перед самим морем ще подрібнюються. Значна кількість наносів, що несе Дунай, зумовлює утворення великої дельти, розміри якої постійно зростають (рис.1.1) [1, 2].



Рис.1.1 - Схема ділянки Дунаю, до якої має вихід Україна [1].

Державний кордон між Україною та Румунією до місця розгалуження річки на Кілійський та Тулчинський рукави проходить по основному руслу, далі по Середньому, Прямому та Старостамбульському гирлам. До України належать такі острови: Кислицький, Катенька, Єрмаков, Вилківська група островів та ще кілька.

Характерною особливістю річки в нижній течії є значна глибина при порівняно невеликій ширині русла. Поблизу м. Рені характерна ширина становить 800-900 м; в той час як середня глибина сягає 10 м, а максимальна - 17-19 м. Поблизу м. Ізмаїла ширина річки становить «всього» 500 м, при тому, що водність річки є тут незрівнянно більшою, ніж Дніпра. Для Дунаю, в тому числі його нижньої ділянки, притаманна значна швидкість течії.

Басейн Дунаю отримує доволі багато атмосферних опадів. Саме цей фактор сприяє тому, що водність річки є дуже значною. По окремих найбільш відомих містах кількість опадів є такою (період -1961-1990 рр.):

Мюнхен – 805 мм, Відень – 607 мм, Будапешт – 563 мм, Белград – 683 мм, Софія – 579 мм, Бухарест - 595 мм [4]. Що ж до гірських територій, то кількість опадів тут часто перевищує 1000 мм.

Клімат нижньої ділянки Дунаю (поблизу м. Рені, м. Ізмаїл, м. Вилкове) помірно теплий, степовий, завдяки частому по надходженню морського тропічного повітря, принесеного вітрами південній чверті. Ці ж вітри приносять вологу, пом'якшують влітку спеку, а взимку - холод. Зимі теплі з нестійким сніговим покривом [1].

Літо помірно жарке, опади незначні. Навесні і влітку часті грози, іноді з великим градом. Нерідко спостерігаються тумани, особливо восени.

У продовження більшого часу року спостерігається деяке переважання вітрів північно-східній чверті. Ці вітри володіють найбільшою силою і найбільш часто повторюються в холодну пору року: з жовтня по березень. Повторюваність вітрів північних румбів в цей період перевищує 50-60% від усіх випадків [1].

У теплу пору року, починаючи з квітня, збільшується число морських вітрів від сходу і півдня. Їх повторюваність в цей час дорівнює і навіть перевершує повторюваність північних вітрів. Як влітку, так і взимку північні вітри приносять зазвичай, ясну суху погоду. Південні вітри навпаки, приносять похмуру погоду і опади.

Найменшою повторюваністю протягом року володіють західні і південно-західні вітри. Повторюваність штормових вітрів (більше 15 м/с) становить від 0,5 до 5,0% в місяць. Найбільше число днів з штормовим вітром припадає на холодний період (листопад-квітень). Найменше сильних вітрів у вересні-липні.

Вітри з швидкістю понад 18 м/с спостерігаються дуже рідко, а зі швидкістю 22 м/с відзначаються один раз в 5 років. За останні десятиліття винятковий за силою західний вітер спостерігали 12 травня 1951 року, його швидкість досягала в Ізмаїлі - 28 м/с. При проходженні атмосферних фронтів, іноді спостерігаються шквали.

У відношенні швидкостей вітру слід зазначити, що до 95% випадків, які спостерігалися, припадають на інтервал 0-9 м/с. З цих 95% на частку штилів і вітрів зі швидкостями до 5 м/с припадає близько 65%. Середня річна швидкість вітру в Ізмаїлі - 3,5 м/с.

Середня річна температура повітря дорівнює +11,0 °С. Річна амплітуда коливань температури повітря за строковими спостереженнями досягає в Ізмаїлі 66,6 °С. Місячні амплітуди в холодний період року становлять -35 °С - -48 °С, в теплий - 27 °С - 34 °С. Добові коливання температури повітря також значні [1].

Перші заморозки відзначаються в жовтні, а навесні вони тривають до травня. Перехід середньодобової температури повітря через нуль відбувається взимку в грудні, і навіть в січні, а навесні в кінці лютого. Середня тривалість періоду з негативною температурою складає близько 50 днів, а число днів з морозом - 88.

Середня тривалість безморозного періоду близько 279 днів. Самими холодними зимовими місяцями є січень і лютий. Середньомісячна температура січня -18 °С, а лютого -0,6 °С. Лютневі морози в окремі роки бувають сильнішими січневих. Періоди морозною зимою не відрізняються великою тривалістю. Періоди холоду часто змінюються відлигами. Середнє число днів без відлиги складає в січні 10-12, лютому 8-11. Середнє число днів з середньодобовою температурою нижче -10 °С в Ізмаїлі становить - 4,7. Самими теплими літніми місяцями є липень і серпень. Середня температура липня становить 23,5 °С, а температура серпня +22,7 °С. Імовірність настання найбільшою середньомісячної температури в році в липні - 64%, в серпні - 36%.

Абсолютні місячні максимуми температури повітря досить високі. Навіть у січні максимальна температура повітря може досягати 18 °С, причому річний максимум настає в серпні. Абсолютний максимум температури спостерігається в Ізмаїлі - +38,6 °С.

Середнє багаторічне кількість опадів становить 370 мм/рік. Максимум опадів спостерігається в липні. Основна маса опадів (від 63 до 71% річної в середньому суми) випадає в теплу пору року. Влітку опади випадають переважно у вигляді злив. Особливо інтенсивні зливи спостерігаються в травні-серпні. Іноді сильні дощі випадають і в холодну пору року [1]. Сильні зливи (більше 60 мм/добу) спостерігаються досить рідко, приблизно раз на шість років. Інтенсивність зливи з частотою 1 раз в 10 років становить приблизно 65 мм/добу. У році в середньому 93-122 дні з опадами менше 0,1мм. Із загального числа днів з опадами приблизно третина (35%) складають опади менш 1мм на добу. Опади більше 5 мм на добу за період травень-серпень випадають в середньому 3-5 разів на місяць. Взимку опади випадають частіше, ніж влітку, але інтенсивність зимових опадів значно менше літніх. Для холодного періоду характерні мрячать опади. Опади протягом року випадають нерівномірно. Нерідко в травні-червні випадає значна кількість опадів, а в липні - дуже мале (10 мм). У листопаді опади випадають переважно у вигляді снігу, який швидко тоне. Сніговий покрив утворюється наприкінці грудня - початку січня і буває дуже нестійким. Протягом зими він кілька разів повністю сходить і потім утворюється знову. Так продовжується до другої половини березня. Середня тривалість зі сніговим покривом близько 20-25 днів, в окремі зими сніг зберігається протягом 2,0-2,5 місяці. Бувають зими, коли сніговий покрив зовсім відсутня.

Висота снігового покриву невелика, в середньому вона коливається від 2 до 6 см. Іноді спостерігаються зими з рясними снігопадами. Наприклад, взимку 1953-1954 рр., коли рясні снігопади та замети паралізували рух транспорту, висота снігових кучугур у місті сягала 3,5 м, а на відкритій місцевості 0,6-1,0 м.

Рясні снігопади спостерігаються приблизно раз на десять років. Глибина промерзання ґрунту залежить, як від суворості зим, так і від висоти снігового покриву і коливається в межах 0,8-1,2 м.

Середня річна величина атмосферного тиску - близько 762,2 мм. Максимум тиску настає в жовтні-січні (763,8-764,6 мм), максимум в червні-липні (579,0-753,6 мм). З січня по червень тиск плавно зменшується, а з серпня по листопад збільшується [1].

Атмосферна вологість повітря в середньому за рік становить в Ізмаїлі 10,5 мб. Хід вологості добре узгоджується з ходом температури. У січні-лютому, внаслідок низьких температур, випаровування зменшується і абсолютна вологість досягає найнижчого значень (4,7 мб). З ростом прогріву поверхні суші випаровування збільшується, і в липні-серпні настає максимум абсолютної вологості - 17,6 мб. Відносна вологість в жовтні по травень вище 70%, а з червня по вересень менше 70%. Максимум відносної вологості 63% в липні [1].

1.2 Гідрохімічна характеристика

Зважаючи на розмір Дунаю та його господарське використання, вивченню гідрохімічних особливостей річки приділялася значна увага. Зокрема, цьому питанню тільки для нижньої течії річки присвячено численні роботи [1-6].

Відправною роботою, що присвячена гідрохімічним особливостям річки на гирловій ділянці, можна вважати монографію [1]. За наведеними у книзі даними, середній стік води річки впродовж 1948-1950 рр. становив 167 км³, стік іонів - 47,85 млн т. Отже, мінералізація води в середньому становила 287 мг/дм³. За цими ж даними дунайська вода відзначалася гідрокарбонатно-кальцієвим складом з такою відотною кількістю головних іонів: Са - 33, НСО₃ - 38%-екв.

В останні роки якісні характеристики води у Дунаї стали значно відрізнятися від тих, що були раніше. Середня за період 2010-2017 рр. мінералізація води на в/п Вилкове становила 334 мг/дм³. З-поміж інших якісних показників води можна відзначити високий вміст міді (0,002 мг/дм³)

та нафтопродуктів (0,022 мг/дм³). Водночас слід зауважити, що за часів інтенсивного судноплавства вміст нафтопродуктів у воді Дунаю був вищим.

Порівняння якісних характеристик води в Дунаї та в інших великих річках, що так чи інакше стосуються України, свідчить про те, що дунайська вода є порівняно мало забрудненою. Значною мірою це зумовлене природними особливостями річки.

Такою особливістю, що впливає на якісні характеристики води, є висока мутність води. Виконані дослідження, які можна вже вважати класичними, показали, що саме на частинках наносів транспортується основна маса забруднюючих речовин, зокрема, важких металів. Насамперед це стосується марганцю, свинцю, а також хрому. Також встановлена значна роль завислих наносів у транспортуванні хлорорганічних пестицидів [4]. З огляду на значний стік Дунаю, ця річка відіграє велику роль у формуванні гідрохімічного стану Чорного моря, насамперед його північно-західної частини.

Стандарти якості води, що застосовуються, є найбільш суворі (відповідають "стандартам риборозведення"), які у деяких випадках є суворішими, ніж стандарти, що використовують у країнах ЄС. Частіше істотно порушуються ті стандарти, що стосуються біологічного споживання кисню (БПК₅), вмісту нітрогенів, нафтопродуктів, фенолів і важких металів (зокрема міді, цинку та марганцю). Але, якщо порівняти стандарти України зі стандартами інших західних країн на "воду для питного постачання", то ситуація виявляється не настільки тривожною.

Однак, спостереження Гідрометслужби показують, що у 2011 році р. Дунай була забруднена менше, ніж інші крупні річки Європи, такі як Рейн. Цю доволі приємну картину важко зрозуміти, якщо врахувати великий об'єм скидів стічних вод і наявність сильно забруднюючих воду промислових підприємств в районі забору води. Особливо характерним показником у офіційних документах, є дуже низький загальний вміст азоту (максимальна концентрація якого складає менше 1 мг/дм³) у нижній течії річки. Така

концентрація складає менше 1/10 від очікуваного рівня для подібних річок. Практично всі види моніторингу використовують традиційні методи фізичного та хімічного аналізу води. Обладнання та процедури, які використовуються для відбору проб і виконання лабораторних аналізів якості води в Україні незадовільні. Не дивлячись на значну кількість стандартів, моніторинг проводиться по відношенню тільки до 50 компонентів, при цьому тільки для 20 з них можна отримати умовно автентичні дані. Не можна також вважати задовільними існуючі методи визначення рівня впливу забруднюючих мікроелементів, таких як важкі метали, пестициди і хлорорганічні вуглеводні. Такі забрудники повинні контролюватись шляхом аналізу біологічних індикаторів та проб донних відкладів. Для з'ясування цих питань необхідно впровадити і вдосконалити практичні методи контролю якості, а також процедури звітності, зробити вибіркоче вдосконалення та поновлення аналітичних приладів. І перед тим як визначати якість води необхідно вирішити питання організації моніторингу.

За даними Огляду результативності природоохоронної діяльності в Україні, який був підготовлений національними і міжнародними експертами Європейської економічної комісії ООН на протязі 1998-2000 рр. та експертів Світового банку (1993р.) ситуація в управлінні і контролі водними ресурсами є на сьогодні суперечливою, без чіткого розмежування відповідальності між різними органами. Постанова Кабінету міністрів України № 391 від 30 березня 1998 р. була спрямована на поліпшення моніторингової діяльності. Вона регулює відповідальність усіх причетних до проведення моніторингу докілья органів. Проте вплив цієї постанови на роботу системи моніторингу ще не очевидний. Схеми подальшого реформування та перерозподілу відповідальності повинні постійно обговорюватись між різними органами управління. Змістовні контакти і співробітництво між міністерствами та іншими інституціями має бути можливим без санкцій Кабінету міністрів .

Торкаючись якості води в Дунаї, не слід забувати про наявність в її басейні, в тому числі на самій річці, безлічі великих і малих міст, а також

промислових підприємств.

1.3 Флора та фауна

Дунай як і раніше багатий різноманіттям видів рослинного і тваринного світу. Перше методичне дослідження фізичних характеристик кожного із видів, його розмірів та меж, дозволило виявити досить великі ділянки річки, на яких тваринний та рослинний світ як і раніше залишається у дуже доброму природному стані. Потрібно й далі докладати зусиль щодо відновлення збитку, завданого природі у заплаві річки в районах Відня, Мюнхена, на озері Belene Island та в дельті Дунаю, вважають експерти, при цьому потрібно прагнути домогтися доброго екологічного стану річки по всій її довжині.

У той же час наукове дослідження риб, вперше проведене на Дунаї, з'ясувало, що лише одна третина його території перебуває у доброму стані. На верхній ділянці Дунаю головною причиною негативного впливу є гідротехнічні споруди, на середньому та нижньому Дунаї – якість води. Відсутність "блукаючих" видів риб говорить про обмежений зв'язок між різними ділянками річки. Інший тривожний чинник – досить високий рівень вмісту ртуті у деяких зразках риб. Той факт, що під час досліджень буває виявлено багато видів риб та інших організмів, які раніше ніколи не мешкали у водах Дунаю, також потребує подальших дослідів, наукових досліджень та оцінки.

Аналіз макробезхребетних (водних комах, черв'яків, їстівних молюсків, равликів та інших безхребетних істот, які мешкають у донних відкладеннях) показав добрий стан якості води на 80% дунайської території. Щоправда, досить сильне органічне забруднення, яке вплинуло на живі організми, було зафіксовано на притоках Сіу, Янтра та Русенські Лом. А на річці Аргес взагалі не було виявлено присутності жодних безхребетних – явний сигнал отруєння води.

На регульованих і не загачених ділянках макрофіти (планктони, інші дрібні елементи, які рухаються за течією або прикріплені до земної поверхні)

часто відповідали вимогам "доброго екологічного стану". Однак ситуація є незадовільною на загачених ділянках річки вниз за течією від гідроелектростанцій.

Фітобентос – макроскопічні рослини, такі як водорості, що мешкають у поверхневому шарі води, на відміну від фауни – найбезпосереднішим чином реагують на поживні речовини, які потрапляють у воду, головним чином фосфор. Вони є явним показником заростання водойми водоростями. Оцінка екологічного статусу річки на підставі фітобентосу показала збільшення кількості поживних речовин у воді на великих ділянках Дунаю. Аналіз фітопланктонів (мікроскопічних рослин у складі води) виявив добрий їхній стан на значній частині Дунаю [5].

1.4 Джерела забруднення української частини річки Дунай

На досліджуваній ділянці української території "гарячими" точками – джерелами надходження забруднюючих речовин є такі міста як - Рені, Ізмаїл, Кілія, Вілково. А також промислові підприємства розташовані на їх території.

Характеристика систем водопостачання та каналізації порту м.Рені

Вода витрачається на виробничі та господарсько-побутові потреби порту, бункерування судів, потреби непромислових споживачів.

Господарсько-фекальні та виробничі стоки по системі колекторів надходять в приймальний резервуар каналізаційної насосної станції (КНС), розташованої на першому вантажному районі. Потім самопливно вони надходять на головну КНС порту, далі на КНС, що знаходиться на території РСУ і по магістралі напірної каналізації надходять в каналізаційну мережу міста і на очисні споруди м Рені.

Дошові і талі стічні води з території нафторайону збираються в спеціальній ємності для нафтовмісних вод, періодично стоки відкачуються вакуумною машиною, вивозяться на станцію очищення лляльних вод.

Для збору і відводу дощових і талих стічних вод з території порту є розвинена мережа локальних систем зливової каналізації. через систему дощоприймальних колодязів атмосферні води надходять в закриту мережу зливової каналізації, виконану з азбоцементних труб Дунаю (300-600) мм, звідки по окремим випускам відводяться в р. Дунай (5 випусків) і портовий затон (5 випуску), з'єднаний з р. Дунай.

За двома випусками, розташованим на допоміжному причалі, з даху ПРРС дощові і талі стічні води відводяться без очищення; з причалів №№ (34-37) дощові і талі стічні води стікають неорганізовано без очищення.

Вісім випусків оснащені очисними модулями, що забезпечують очистку стоків від нафтопродуктів і зважених речовин на 85 і 90% відповідно.

Джерела водопостачання та водовідведення м.Ізмаїл

Історично сформована забудова і планування м.Ізмаїла передбачає використання міських-вулиць в якості зливостоків. Спеціальної підземної зливової каналізацією місто не обладнаний. Після будівництва порту потік дощової води з центральних міських вулиць транзитом проходять по території ППК-1, через колодязі потрапляють в портову злизову каналізацію і далі по лівневипускам відводяться в Дунай. У період інтенсивних дощів і танення снігу злизова каналізація не справляється з такими обсягами стоків, скидання здійснюється безпосередньо з причалів. Площа водозбору з міських вулиць більше 200 га, що значно перевищує площу ППК-1. Ізмаїльський порт не несе відповідальність за транзитний скидання стічних вод в р. Дунай в межах свого водокористування.

Характеристика акваторії в районі м.Кілії в місці скидання зливових стоків. Відведення відпрацьованої технічної та питної води, зливових стоків здійснюється в акваторію заводу, яка була полузапружений рукав Степовий, що впадає в Кілійське гирло р. Дунай на відстані 47,5 км від її гирла. Ширина Кілійського гирла становить - 600 м, глибина коливається від 5 до 16 м. Близько 67% стоку річки, що становить -200 км³ в рік, проходить через

Кілійський рукав з середньою швидкістю течії води 0,70 м/с [8].

На якість води в районі м.Кілії впливають не тільки відпрацьовані води КССРЗ, але і скидання очищених стічних вод очисними спорудами ПУКХ, інших підприємств, міської поверхневий, сільськогосподарський, виробничий стоки об'єктів, розташованих вище по течією, а також зливові стоки, що надходять з водозбірної території КССРЗ і прилеглих районів.

Характеристика систем водопостачання та каналізації ГКС "Орловка".

Основним джерелом водопостачання ГКС "Орловка" служать дві артезіанські свердловини, обладнані на пліоценовий водоносний горизонт неогенових відкладень, і розташовані на території станції.

Межі зон санітарної охорони суворого режиму розмірами 60х60 м винесені в природу, огорожені парканами з металевої сітки висотою 2 м.

Територія газокompресорної станції каналізована, стічні води від будівель і споруд ГКС напірно направляються на локальні очисні споруди БІО-25 продуктивністю 25 м³/добу [9]. очищені і знезаражені стічні води скидаються за єдиним напірного трубопроводу протяжністю понад 7 км в р. Дунай.

Характеристика систем водопостачання, каналізації, очищення води у районі розташування м. Вилкове. Вилківська ремонтно-експлуатаційна база флоту розташована в південній частині м. Вилкове в затоні Базарчук.

Джерелом водопостачання підприємства є р. Дунай (затон Базарчук) і вода питної якості з системи водопроводу м. Вилкове.

Вода технічної якості подається на підприємство за допомогою насосної станції, оснащеної десятьма насосами ЗК-6 продуктивністю 30 м³/год кожен. Водозабір оснащений металевою рибозахисних сіткою з розмірами вічка 2х2 мм. Контроль витрати води здійснюється непрямим способом за часом роботи насосів.

Водовідведення відпрацьованої річкової води з плавдоків проводиться безпосередньо в затон Базарчук. Виробничі стічні води від споживачів відводяться в локальні металеві вигреби з подальшим вивезенням в

спеціально відведені місця. Стоки фанових систем судів збираються спеціальним транспортом.

Відведення відпрацьованої річкової води здійснюється в акваторію підприємства - затон Базарчук р. Дунай, що знаходиться за межами Вілково.

2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОД

2.1 Оцінка за санітарними нормами якості вод

Метод оцінки якості води для господарсько-питних та комунально-побутових цілей ґрунтується на порівнянні показників складу і властивостей водного середовища водного об'єкта, який розглядається, за відповідними нормативами.

До господарсько-питного належить водокористування водних об'єктів як джерел централізованого господарсько-питного водозабезпечення, а також для водозабезпечення підприємств харчової промисловості [3].

До комунально-побутового належить водокористування водних об'єктів для купання, занять спортом та відпочинку населення [3].

Норми якості води водних об'єктів включають: загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів, які використовуються для розглядуваних видів водокористування (табл.2.1); перелік ГДК речовин у воді водних об'єктів, які використовуються для господарчо-питних та комунально-побутових потреб (санітарно-гігієнічні ГДК деяких речовин наведені у табл.2.2).

У переліках ГДК зазначаються: повна назва речовини, лімітуюча ознака шкідливості, нормативне числове значення (норматив) та клас небезпеки.

У переліку санітарно-гігієнічних ГДК речовини поділені на три групи за лімітуючими ознаками шкідливості (ЛОШ): перша група об'єднує речовини з санітарно-токсикологічною ЛОШ; друга – з органолептичною ЛОШ; третя – із загально-санітарною ЛОШ.

При оцінці якості води значення показників (виміряних або розрахованих) зіставляють з нормативами.

Якщо показники не мають ефекту сумарної дії, то їх значення (кожного окремо) мають бути не більше за норматив (крім розчиненого O_2) :

$$C_i \leq ГДК_i. \quad (2.1)$$

Якщо показники якості води мають ефект сумарної дії, то вони об'єднуються у групи і для кожної з груп показник ψ має бути не більше 1:

$$\psi = \sum_{i=1}^n (C_i / ГДК_i) \leq 1, \quad (2.2)$$

де n – кількість показників (речовин) у групі ЛОШ;

C_i – значення i -ого показника (концентрація речовини).

Таблиця 2.1 – Загальні вимоги до складу і властивостей води водотоків у місцях господарсько-питного, комунально-побутового та рибогосподарського водокористування [15]

Показ-ник	Водокористування		
	господарсько-питне	комунально-побутове	рибогосподарське (категорії)
			вища та перша

Завислі речовини	<p>При скиді зворотних (стічних) вод конкретним водокористувачем, проведенні роботи на водному об'єкті і у прибережній зоні вміст завислих речовин у контрольному створі (пункті) не повинен збільшуватись порівняно з природними умовами більш, ніж на</p> <p style="text-align: center;">0,25 мг/дм³ 0,75 мг/дм³ 0,25 мг/дм³ 0,75 мг/дм³</p>					
Примітка:	<p>Для водотоків, які містять у межень більше 30 мг/дм³ природних завислих речовин, припускається збільшення їх вмісту у воді в межах 5%.</p> <p>Зворотні (стічні) води, які містять завислі речовини зі швидкістю осадження більшою ніж 0,2 мм/с, забороняється скидати у водойми, з більшою 0,4 мм/с – у водотоки.</p> <p>Вміст у воді антропогенних завислих речовин (пластівці гідроксидів металів, що утворюються під час очищення стічних вод, часточки азбесту, капрону, лавсану тощо) нормується у відповідності з правилами охорони поверхневих вод.</p>					
Плаваючі домішки	На поверхні води не повинні виявлятися плівки нафтопродуктів, масел, жирів та скупчення інших домішок.					
Забарвлення	Не повинне виявлятися у стовпчику 20 см 10 см	Вода не повинна набувати стороннього забарвлення				
Запахи, присмаки	<p>Вода не повинна набувати запахів інтенсивністю більшою за 1 бал, які виявляються :</p> <table border="1" data-bbox="416 1122 635 1272"> <tr> <td data-bbox="416 1122 635 1272">безпосередньо або при подальшому хлоруванні</td> <td data-bbox="635 1122 895 1272">безпосередньо</td> </tr> </table>		безпосередньо або при подальшому хлоруванні	безпосередньо	Вода не повинна надавати сторонніх запахів та присмаків м'ясу риби.	
безпосередньо або при подальшому хлоруванні	безпосередньо					
Температура	Літня температура води у результаті скиду стічних вод не повинна підвищуватись більш як на 3 ⁰ С порівняно з середньомісячною температурою води найжаркішого місяця року за останні 10 років		Температура води не повинна підвищуватись порівняно з температурою водного об'єкта більш як на 5 ⁰ С із загальним підвищенням температури не більш ніж до 20 ⁰ С влітку і 5 ⁰ С взимку для водних об'єктів, які населяють холодноводні риби (лососеві та сигові) і не більш ніж до 28 ⁰ С влітку і 8 ⁰ С взимку у решті випадків. У місцях нерестовищ забороняється підвищувати температуру води взимку більш ніж до 2 ⁰ С.			
рН	Не повинен виходити за межі 6,5 – 8,5					
Мінералізація	Не більше 1000 мг/дм ³ , у тому числі хлоридів – 350 мг/дм ³ , сульфатів – 500 мг/дм ³	Нормується згідно наведеного вище показника “присмаки”	Нормується згідно з таксаціями рибогосподарських водних об'єктів.			

Розчинений кисень	Не повинен бути менше 4 мг/дм ³ у будь-який період року		У зимовий (підлітній) період повинен бути не менше 6 мг/дм ³ 4 мг/дм ³ У літній (відкритий) на усіх водних об'єктах повинен бути не менше 6 мг/дм ³	
БСК _{ПОВН}	Не повинне перевищувати при температурі 20 ⁰ С 3 мгО ₂ /дм ³ –		3 мгО ₂ /дм ³ 3 мгО ₂ /дм ³ Якщо у зимовий період вміст розчиненого кисню у водних об'єктах вищої та першої категорій знижується до 6 мг/дм ³ , а у водних об'єктах другої категорії – до 4 мг/дм ³ , то можна припустити скид в них лише тих стічних вод, які не змінюють БСК води.	
ХСК	Не повинен перевищувати		–	–
	15 мгО ₂ /дм ³	30 мгО ₂ /дм ³		
Хімічні речовини	Не повинні міститися у воді водотоків та водоймищ у концентраціях, які перевищують нормативи, встановлені у відповідності з правилами охорони поверхневих вод.			
Збудники хвороб	Вода не повинна містити збудників хвороб, в тому числі життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, волосоголовців, токсокор, фасциол), онкосфери тенеїд та життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших.			
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП) не більше	10 000 дм ³	5 000 дм ³	–	–
Коліфаги (у бляшко-утворюючих одиницях) не більше	100 в 1 дм ³	100 в 1 дм ³	–	–
Токсичність	–	–	Стічна вода на випуску у водний об'єкт не повинна справляти гострої токсичної дії на тест-об'єкти	

Примітка: риска означає, що показник не нормований.

За санітарними нормами у групи сумації об'єднують показники, нормовані з ЛОШ 1 і 2 класу небезпеки (у формулі (2.2) n – кількість показників з однаковою ЛОШ 1 і 2 класу небезпеки). Решта показників, нормованих без ЛОШ або з ЛОШ, але 3 і 4 класу небезпеки, не мають ефекту сумарної дії.

Якщо вимоги норм не виконуються хоча б по одному з показників, то водний об'єкт або його ділянка вважаються забрудненими.

У випадку використання водного об'єкта для різних видів водокористування до якості його води ставляться вимоги того виду, у якого найбільш жорсткі норми.

При господарсько-питному та комунально-побутовому використанні водних об'єктів норми якості води [3] повинні дотримуватись:

- у водотоках – на ділянці в один кілометр вище за межу району водокористування (контрольний створ розташовується на відстані 1 км);
- у водоймах – на відстані 1 км від меж району водокористування в усі боки.

Таблиця 2.2 – Санітарно-гігієнічні ГДК деяких речовин [15]

№ п/п	Речовина	ЛОШ	ГДК, мг/дм ³	Клас небезпеки
1	Аміак (по азоту)	саніт.–токсикол.	(2,0)	3
2	Анілін	саніт.–токсикол.	0,1	2
3	Бензол	саніт.–токсикол.	0,5	2
4	Кальцій	не нормовано		
5	Магній	не нормовано		
6	Нафта	органолептична	0,3	4
7	Нікель	саніт.–токсикол.	0,1	3
8	Нітрати (по азоту)	саніт.–токсикол.	45,0 (10,0)	3
9	Нітрити (по азоту)	саніт.–токсикол.	3,3 (1,0)	2
10	Свинець	саніт.–токсикол.	0,1	2
11	Сульфати	органолептична	500	4
12	Фенол	органолептична	0,001	4
13	Хлориди	органолептична	350	4
14	Хром (6+)	саніт.–токсикол.	0,05	3
15	Цинк	загально–санітар.	1,0	3

Якщо природні властивості і склад води не відповідають нормам водокористування, то ці природні властивості та склад води повинні витримуватись у місцях водокористування.

2.2 Рибогосподарські норми якості вод

До рибогосподарського водокористування [3] належить використання водних об'єктів для проживання, розмноження та міграції риб і інших організмів.

Рибогосподарські водні об'єкти можуть бути трьох категорій:

– до вищої категорії належать місця розташування нерестовищ, масового нагулу та зимувальних ям особливо цінних видів риби та інших водних організмів, а також водні об'єкти для штучного розведення риби і інших водних організмів;

– до першої категорії належать водні об'єкти, які використовуються для збереження та відтворення цінних видів риби з високою чутливістю до вмісту кисню;

– до другої категорії належать водні об'єкти, які використовуються для інших рибогосподарських цілей.

Норми якості води водних об'єктів включають: загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів, які використовуються для розглядуваних видів водокористування (табл. 2.1); перелік ГДК речовин у воді водних об'єктів, які використовуються у рибогосподарських цілях (рибгосподарські ГДК деяких речовин наведені у табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – ГДК деяких забруднювальних речовин у водних об'єктах рибогосподарського призначення [8]

№ п/п	Речовина	ЛОШ	ГДК, мг/дм ³
1	Аміак	токсикологічна	0,05
2	Амоній сольовий (по азоту)	токсикологічна	0,5 (0,39)
3	Анілін	токсикологічна	0,0001
4	Бензол	токсикологічна	0,5
5	Кальцій	саніт.–токсикол.	180,0
6	Магній	саніт.–токсикол.	40,0
7	Нафтопродукти	рибгосподарська	0,05
8	Нікель	токсикологічна	0,01
9	Нітрати (по азоту)	саніт.–токсикол.	40,0 (9,10)
10	Нітрити (по азоту)	токсикологічна	0,08 (0,02)

11	Свинець	токсикологічна	0,1
12	Сульфати	саніт.–токсикол.	100,0
13	Феноли	рибогосподарська	0,001
14	Хлориди	саніт.–токсикол.	300,0
15	Хром (6+)	токсикологічна	0,001
16	Цинк	токсикологічна	0,01

У переліках ГДК зазначаються повна назва речовини, лімітуюча ознака шкідливості та нормативне числове значення (норматив).

У переліку рибогосподарських ГДК речовини поділені на п'ять груп за ЛОШ: у три перші групи об'єднані речовини за такими ж ЛОШ, що і у переліку санітарно-гігієнічних ГДК; четверту групу складають речовини з токсикологічною ЛОШ; п'яту – з рибогосподарською ЛОШ.

При оцінці якості води значення показників (вимірянних або розрахованих) зіставляють з нормативами.

У відповідності з рибогосподарськими нормами ефект сумарної дії мають усі речовини з однаковою ЛОШ (для рибогосподарських норм у формулі (2.2) параметр n – кількість показників з однаковою ЛОШ).

Показники, які нормовані без ЛОШ, не мають ефекту сумачії.

Якщо вимога норм не виконується хоча б по одному з показників, то водний об'єкт або його ділянка вважаються забрудненими.

При рибогосподарському використанні водного об'єкта норми якості води повинні виконуватись [3] в усьому водному об'єкті, починаючи з контрольного створу, який визначається у кожному конкретному випадку органами Міністерства екологічної безпеки, але не далі як за 500 м від місця скиду стічних вод.

Якщо природні властивості і склад води не відповідають нормам водокористування, то ці природні властивості та склад води повинні витримуватись у місцях водокористування.

2.3 Методи комплексних індексів

Комплексна оцінка якості вод використовується у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів, може бути вона використана так само для зіставлення стану водного середовища різних водних об'єктів.

Комплексні індекси, на основі яких здійснюється оцінка, розраховуються за всіма показниками якості вод або за їхніми частинами. Вони характеризують стан води в цілому, при цьому інформація по окремих показниках губиться.

Послідовність виконання оцінки складається із двох етапів: на першому етапі здійснюється розрахунок значення показника, а на другому - за розрахованим значенням індексу й за шкалою якості дається словесна характеристика води. Оцінка має декілька балів.

Розглянемо деякі з методик.

2.2.1 Індекс забруднення вод (ІЗВ)

ІЗВ розраховується за шістьма показниками [2] (NH_4^+ , NO_2^- , НП, феноли, розчинений O_2 , БСК₅) згідно з формулою

$$\text{ІЗВ} = (1/6) \sum (C_i / \text{ГДК}_i), \quad (2.3)$$

де C_i – середнє арифметичне значення показника якості води;

ГДК_i – гранично допустима концентрація.

У формулі (2.3) для O_2 , ГДК ділиться на середнє значення його концентрації.

Таблиця 2.4 – Критерії оцінки якості вод за ІЗВ [1]

Клас якості води	Характеристика класу	Величина ІЗВ
------------------	----------------------	--------------

Для поверхневих вод суші		
I	Дуже чиста	$\leq 0,30$
II	Чиста	0,31 – 1,00
III	Помірно забруднена	1,01 – 2,50
IV	Забруднена	2,51 – 4,00
V	Брудна	4,01 – 6,00
VI	Дуже брудна	6,01 – 10,0
VII	Надзвичайно брудна	$> 10,0$
Для морських вод		
I	Дуже чиста	$\leq 0,25$
II	Чиста	0,26 – 0,75
III	Помірно забруднена	0,76 – 1,25
IV	Забруднена	1,26 – 1,75
V	Брудна	1,76 – 3,00
VI	Дуже брудна	3,01 – 5,00
VII	Надзвичайно брудна	$> 5,00$

Модифікований ІЗВ [3] розраховується теж за шістьма показниками: БСК₅ і O₂ є обов'язковими, а інші чотири показника беруть за найбільшими відношеннями до ГДК зі списку: SO₄²⁻, Cl⁻, ХСК, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, Fe загальне, Mn²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Cr⁶⁺, Ni²⁺, Al³⁺, Pb²⁺, Hg²⁺, As³⁺, НП, СПАР.

2.2.2 Комплексний індекс забруднення (КІЗ)

Умовний коефіцієнт комплексності [8] розраховується за формулою

$$K_{\%} = (m' / m) * 100\%, \quad (2.4)$$

де m' – кількість речовин, вміст яких перевищує ГДК;

m – загальне число нормативних інгредієнтів, обумовлених

програмою досліджень.

При $K < 10\%$ проводиться обстеження по конкретних забруднювальних речовинах. Визначаються максимальні концентрації і забезпеченість перевищень ГДК (1, 10, 100 ГДК).

При оцінці якості води за (КІЗ) проводиться триступенева класифікація [3].

Перший ступінь класифікації заснований на встановленні міри стійкості забруднення (повторюваності P випадків перевищення ГДК)

$$P_i = N_{ГДК_i} / N_i, \quad (2.5)$$

де $N_{ГДК_i}$ – число результатів аналізу, в яких вміст i -го інгредієнта перевищує його гранично допустиму концентрацію;

N_i – загальне число результатів аналізу i -го інгредієнта.

Другий ступінь класифікації ґрунтується на встановленні рівня забруднення, мірою якого є кратність K перевищення ГДК

$$K_i = C_i / ГДК_i. \quad (2.6)$$

Оціночні бали визначаються табл. 2.5 і 2.6.

Таблиця 2.5 – Класифікація водних об'єктів за повторюваністю забруднення

Повторюваність, %	Характеристика забруднення води	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0 ÷ 10	одиничне	a	1
10 ÷ 30	нестійке	b	2
30 ÷ 50	стійке	c	3

50 ÷ 100	характерне	d	4
----------	------------	---	---

Таблиця 2.6 – Класифікація водних об'єктів за рівнем забруднення

Кратність перевищення нормативів	Характеристика рівня забруднення	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0 ÷ 2	низький	a ₁	1
2 ÷ 10	середній	b ₁	2
10 ÷ 50	високий	c ₁	3
50 ÷ 100	дуже високий	d ₁	4

Таблиця 2.7 – Оцінка стану вод водних об'єктів за окремими показниками

Комплексна характеристика стану забруднення води водних об'єктів	Загальні оціночні бали		Характеристика якості води водних об'єктів
	виражені умовно	абсолютні значення	
Одинична забрудненість низького рівня	$a x a_1$	1	слабо забруднена
– “ – середнього рівня	$a x b_1$	2	забруднена
– “ – високого рівня	$a x c_1$	3	брудна
– “ – дуже високого рівня	$a x d_1$	4	брудна
Нестійка забрудненість низького рівня	$b x a_1$	2	забруднена
– “ – середнього рівня	$b x b_1$	4	брудна
– “ – високого рівня	$b x c_1$	6	дуже брудна
– “ – дуже високого рівня	$b x d_1$	8	дуже брудна
Стійка забрудненість низького рівня	$c x a_1$	3	брудна
– “ – середнього рівня	$c x b_1$	6	дуже брудна
– “ – високого рівня	$c x c_1$	9	дуже брудна
– “ – дуже високого рівня	$c x d_1$	12	неприпустимо брудна
Характерна забрудненість низького рівня	$d x a_1$	4	брудна
– “ – середнього рівня	$d x b_1$	8	дуже брудна
– “ – високого рівня	$d x c_1$	12	неприпустимо брудна
– “ – дуже високого рівня	$d x d_1$	16	неприпустимо брудна

При визначенні першого і другого ступенів класифікації води по кожному з інгредієнтів розраховують узагальнені оцінки якості води (табл. 2.7).

Для заключного, третього ступеня класифікації КІЗ розраховується шляхом складання узагальнених оціночних балів S_i по усіх n показниках

$$KІЗ = \Sigma S_i . \quad (2.7)$$

Класифікація якості води (табл. 2.8) виконується у залежності від значення КІЗ і кількості лімітуючих показників забруднення (ЛПЗ). До ЛПЗ води відносять будь-який показник, по якому значення S_i дорівнює 12 чи 16.

Таблиця 2.8 – Класифікація якості води водних об'єктів за значенням КІЗ

Клас якості води	Горизонт забруднення	Характеристика забрудненості води	Величина КІЗ з урахуванням ЛПЗ					
			без ЛПЗ	1ЛПЗ (k=0,9)	2ЛПЗ (k=0,8)	3ЛПЗ (k=0,7)	4ЛПЗ (k=0,6)	5ЛПЗ (k=0,5)
I	–	Слабо забруднена	1n	0,9n	0,8n	0,7n	0,6n	0,5n
II	–	Забруднена	1n÷2n	0,9n÷1,8n	0,8n÷1,6n	0,7n÷1,4n	0,6n÷1,2n	0,5n÷1,0n
III	–	Брудна	2n÷4n	1,8n÷3,6n	1,6n÷3,2n	1,4n÷2,8n	1,2n÷2,4n	1,0n÷2,0n
III	а	Брудна	2n÷3n	1,8n÷2,7n	1,6n÷2,4n	1,4n÷2,1n	1,2n÷1,8n	1,0n÷1,5n
III	б	Брудна	3n÷4n	2,7n÷3,6n	2,4n÷3,2n	2,1n÷2,8n	1,8n÷2,4n	1,5n÷2,0n
IV	а	Дуже брудна	4n÷6n	3,6n÷5,4n	3,2n÷4,8n	2,8n÷4,2n	2,4n÷3,6n	2,0n÷3,0n
IV	б	Дуже брудна	6n÷8n	5,4n÷7,2n	4,8n÷6,4n	4,2n÷5,6n	3,6n÷4,8n	3,0n÷4,0n
IV	в	Дуже брудна	8n÷10n	7,2n÷9,0n	6,4n÷8,0n	5,6n÷7,0n	4,8n÷6,0n	4,0n÷5,0n
IV	г	Дуже брудна	10n÷11n	9,0n÷9,9n	8,0n÷8,8n	7,0n÷7,7n	6,0n÷6,6n	5,0n÷5,5n

2.2.3 Коефіцієнт забруднення χ

Коефіцієнт забруднення χ розраховується за формулою (2.8), наведеною у [4]

$$\chi = \Sigma [(N_i / C_{i,d})\varphi(i)] / \Sigma \varphi(i), \quad (2.8)$$

де N_i – значення показника забрудненості;

i – номер показника забрудненості в ранговій послідовності з m показників;

$C_{i,d}$ – норматив (ГДК) показника;

$\varphi(i) = i / 2^{i-1}$ – вагова функція;

$\Sigma\varphi(i)$ – приведена кількість показників.

Як основні беруться такі показники забрудненості з відповідною ранговою послідовністю (i): БСК₅ ($i = 1$); NH₄⁺ ($i = 2$); нафтопродукти ($i = 3$); O₂ ($i = 4$). Ранги іншим показникам встановлюють експертно або за співвідношенням $N_i / C_{i,d}$.

В залежності від значення коефіцієнта χ складено атестаційну шкалу оцінки ступеня забрудненості водного середовища (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Інтегральна оцінка забрудненості водного середовища

Коефіцієнт забруднення вод χ	Якісна оцінка ступеня забрудненості
до 1,00	Нешкідлива (чиста)
1 – 1,99	Мала
2 – 2,99	Припустима
3 – 3,99	Істотна
4 – 5,00	Інтенсивна
Більш 5,00	Катастрофічна

2.2.4 Комплексний показник екологічного стану (КПЕС)

Середнє значення КПЕС_{СЕР} розраховується за формулою (2.9), наведеною у [5]

$$\text{КПЕС}_{\text{СЕР}} = (1/m) \Sigma \text{КПЕС}_i, \quad (2.9)$$

де m – кількість блоків показників якості вод (значень КПЕС _{i}).

З m блоків показників якості вод до першого входять показники, які не

мають ефекту спільної дії, до інших блоків входять показники, які мають цей ефект.

Для першого блоку комплексний показник розраховується за формулою

$$\text{КПЕС} = (1/n) \sum \text{ПЕС}_i, \quad (2.10)$$

де n – кількість показників у першому блоці;

ПЕС_i – показник екологічного стану, розрахований для i -го показника якості.

Значення ПЕС_i для i -го показника розраховуються за формулами:

$$\text{ПЕС}_i = a_i (H_i - \Pi_i) / H_i, \quad (2.11)$$

$$\text{ПЕС}_i = a_i (\Pi_i - H_i) / H_i, \quad (2.12)$$

де a_i – коефіцієнт вагомості i -го показника;

Π_i, H_i – значення показника (концентрація речовини) і його норматив.

Формула (2.11) використовується при обмеженні значень показника зверху. Для показників, обмежених знизу (O_2), використовується формула (2.12). При нормуванні показника (рН) у вигляді допустимого інтервалу $[H_{\min} < \Pi_i \leq H_{\max}]$ значення ПЕС_i розраховується за формулою (2.11), якщо значення показника перевищує H_{\max} ; якщо значення показника нижче за H_{\min} , то ПЕС розраховується за формулою (2.12). Якщо показник знаходиться в середині інтервалу, то розрахунок виконується за формулами (2.11) і (2.12), а як ПЕС_i береться мінімальне з одержаних значень.

Коефіцієнт вагомості a_i i -го показника пов'язаний з класом небезпеки. Якщо ступінь небезпеки зростає зі збільшенням номера класу (кл), то $a_i = \text{кл}$; якщо ступінь небезпеки зменшується зі збільшенням номера класу – $a_i = 1/\text{кл}$. Якщо клас небезпеки не вказано, то береться клас на один розряд нижче від мінімально небезпечного класу.

Для блоків з показниками якості, які мають ефект спільної дії, КПЕС розраховується за формулою

$$\text{КПЕС} = 1 - \Sigma (\Pi_i / H_i). \quad (2.13)$$

За санітарними нормами ефект сумарної дії мають показники 1 і 2 класів небезпеки з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ), за рибогосподарськими – з однаковою ЛОШ (без врахування класу небезпеки).

Екологічний стан водного об'єкта класифікується таким чином: при $\text{КПЕС}_{\text{МИН}} < 0$ і $\text{КПЕС}_{\text{СЕР}} < 0$ стан нестійкий; при $\text{КПЕС}_{\text{МИН}} > 0$ і $\text{КПЕС}_{\text{СЕР}} > 0$ – стійкий; при $\text{КПЕС}_{\text{МИН}} < 0$ і $\text{КПЕС}_{\text{СЕР}} > 0$ – стійкий з ознаками нестійкості.

2.2.5 Узагальнений екологічний індекс I_E

Оцінка якості поверхневих вод суші за узагальненим екологічним індексом I_E [7] повинна обов'язково включати три блоки показників:

- сольового складу;
- трофо–сапробіологічні (еколого–санітарні);
- специфічні токсичної і радіаційної дії.

Вихідні дані аналізуються по кожному блоку окремо. Результати подаються у вигляді єдиної екологічної оцінки, яка складається із заключних висновків по трьох блоках.

Екологічна оцінка якості води може бути орієнтовною і ґрунтовною. Орієнтовна екологічна оцінка виконується на основі разових вимірів окремих показників якості води, які найточніше характеризують екологічний стан водного об'єкта (чи його ділянки) і відповідно цьому стану якість води. Ці разові значення окремих показників якості води зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи екологічної класифікації. На основі такого зіставлення визначаються категорії і класи якості води за окремими показниками, взятими для разового

виміру. Об'єднання результатів разових вимірів для узагальненої оцінки якості води не допускається. Клас і категорія води в цілому встановлюються за показником з найбільшим номером категорії.

Процедура виконання ґрунтової екологічної оцінки якості поверхневих вод складається з чотирьох послідовних етапів, а саме:

- а) етап групування і обробки вихідних даних;
- б) етап визначення класів і категорій якості води за окремими показниками;
- в) етап узагальнення оцінок якості води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) по окремих блоках з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води;
- г) етап визначення об'єднаної оцінки якості води (з визначенням класів і категорій) для певного водного об'єкта в цілому чи окремих ділянок за визначений період спостережень.

а) Вихідні дані за окремими показниками групуються у просторі і часі в певному, чіткому порядку: окремо для різних пунктів спостережень, або ж вкупі (з різних пунктів спостережень) для певних ділянок водного об'єкта, або ж для водного об'єкта в цілому за певний відрізок часу (місяць, сезон, рік, кілька років підряд тощо).

Вихідні дані про якість води за окремими показниками групуються в межах трьох блоків. Згруповані по блоках щодо кожного наявного показника якості води, вихідні дані (вибірки) піддаються певній обробці: обчислюються середньоарифметичні значення, визначаються мінімальні та максимальні (найгірші) значення, які всі разом характеризують мінливість величин кожного з показників якості води в реальних умовах виконання і аналізу результатів спостережень.

Серед вихідних даних трапляються поодинокі дані, котрі своїми екстремальними значеннями виходять за межі окресленого діапазону мінливості величин цієї вибірки, досить далеко від максимальних (найгірших) значень.

Екстремальні значення окремих показників якості води підлягають спеціальному аналізу: з'ясуванню природних чи антропогенних причин, які могли спричинити їх появу. Після такого аналізу приймаються рішення про використання чи вилучення екстремальних значень певних показників якості води.

б) Етап визначення класів та категорій якості води для окремих показників полягає у виконанні таких дій:

- середньоарифметичні (середні) значення для кожного показника окремо зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи її екологічної класифікації;

- найгірші значення якості води (максимальні чи мінімальні) серед цих показників кожного блоку також зіставляються з відповідними критеріями якості води;

- на основі проведеного зіставлення середньоарифметичних та найгірших значень для кожного показника окремо визначаються категорії якості води за середнім і найгіршим значеннями (найбільшим за номером) для кожного показника окремо;

- зіставлення середніх і найгірших значень з критеріями спеціалізованих класифікацій та визначення класів і категорій якості води за окремими показниками теж (як і на першому етапі) виконується в межах відповідних блоків.

в) Етап узагальнення оцінок якості води за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води виконується лише на основі аналізу показників в межах відповідних блоків. Це узагальнення полягає у визначенні середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів якості води, а саме: для індексу забруднення компонентами сольового складу (I_1), для трофо–сапробіологічного (еколого–санітарного) індексу (I_2), для індексу специфічних показників токсичної і радіаційної дій (I_3). Таким чином, повинно бути визначено шість значень блокових індексів, а саме: $I_{1СЕР}$ та $I_{1МАХ}$; $I_{2СЕР}$ та $I_{2МАХ}$; $I_{3СЕР}$ та $I_{3МАХ}$. Маючи

значення блокових індексів якості води, легко визначити їх приналежність до певного класу та категорії якості води за допомогою системи екологічної класифікації.

Середні значення для трьох блокових індексів якості води визначаються шляхом обчислення середнього номера категорії за всіма показниками даного блоку; при цьому категорія 1 має номер 1, категорія 2 – номер 2 і т.д.

Середні значення блокових індексів можуть бути дробовими числами. Це дозволяє диференціювати оцінку якості води, зробити її більш точною і гнучкою. Для визначення субкатегорій якості води, які відповідають середнім значенням блокових індексів, треба весь діапазон десятичних значень номерів (поміж цілими числами) розбити на окремі частини і позначити їх таким чином:

Середні значення субкатегорій якості вод	Позначення відповідних блокових індексів
1,0 – 1,2	1
1,3 – 1,4	1 (2)
1,5 – 1,6	1 – 2
1,7 – 1,8	2 (1)
1,9 – 2,2	2
2,3 – 2,4	2 (3)

і т.д. для категорії 3 – 7.

Найгірші значення для трьох блокових індексів якості води визначаються за відносно найгіршим показником (з найбільшим номером категорії) серед всіх показників даного блоку.

г) Етап визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкта в цілому або для окремих його ділянок полягає в обчисленні інтегрального або екологічного індексу I_E . Використання екологічного індексу якості води доцільно в тих випадках, коли зручніше користуватися

однозначною оцінкою: для планування і опрацювання водоохоронної діяльності, здійснення екологічного і еколого–економічного районування, екологічного картографування тощо. Значення екологічного індексу якості води визначається за формулою (2.14):

$$I_E = \{I_1 + I_2 + I_3\} / 3, \quad (2.14)$$

- де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;
 I_2 – індекс трофо–сапробіологічних показників;
 I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси (п. с), обчислюється для середніх і для найгірших значень категорій окремо. Він може бути дробовим числом.

Визначення субкатегорій якості води на основі екологічного індексу здійснюється так само, як для блокових індексів.

Сольовий склад поверхневих вод суші та естуаріїв оцінюється за сумою іонів та окремими інгредієнтами. При групуванні даних у просторі і часі оцінка дається за середніми і максимальними (найгіршими) значеннями показників. Клас води визначається за переважаючими аніонами (Cl^- ; SO_4^{2-} ; HCO_3^-), група – за переважаючими катіонами (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; $Na^+ + K^+$), тип води визначається за співвідношеннями між іонами (в еквівалентах):

- I – $HCO_3^- > (Ca^{2+} + Mg^{2+})$;
 II – $HCO_3^- < (Ca^{2+} + Mg^{2+}) < (HCO_3^- + SO_4^{2-})$;
 III – $(HCO_3^- + SO_4^{2-}) < (Ca^{2+} + Mg^{2+})$ або $Cl^- > Na^+$;
 IV – $HCO_3^- = 0$.

Один грам-еквівалент Cl^- дорівнює 35,45 г; SO_4^{2-} – 48,03 г; HCO_3^- – 61,02 г; Ca^{2+} – 20,04 г; Mg^{2+} – 12,15 г; Na^+ – 22,99 г; K^+ – 39,10 г.

Для позначення видів природних вод вживаються символи, наприклад:

гідрокарбонатний клас, група кальцію, тип другий – C_{II}^{Ca} ;

сульфатно–хлорідно–кальцієві води другого типу – SCl_{II}^{Ca} .

Прісні гіпо– і олігогалинні та солонуваті β–мезогалинні води оцінюються також за критеріями їх забруднення компонентами сольового складу, а саме за значеннями суми іонів, хлоридів і сульфатів.

Таблиця 2.10 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією [7]

Клас якості вод	1	11		111		1У	У
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	відмінні	добрі		задовільні		погані	дуже погані
	відмінні	дуже добрі	добрі	задовільні	посередні	погані	дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти	дуже чисті	чисті		забруднені		брудні	дуже брудні
	дуже чисті	чисті	досить чисті	слабо забруднені	помірно забруднені	брудні	дуже брудні
Трофність (переважно тип)	оліготрофні	мезотрофні		евтрофні		політрофні	гіпертрофні
	оліготрофні оліго-мезотрофні	мезотрофні	мезо-евтрофні	евтрофні	евполітрофні	політрофні	гіпертрофні
Сапробність	олігосапробні		β–мезосапробні		α–мезосапробні		полісапробні
	β–олігосапробні	α–олігосапробні	β'–мезосапробні	β''–мезосапробні	α'–мезосапробні	α''–мезосапробні	полісапробні

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за трофо–сапробіологічними (еколого–санітарними) критеріями виконується на основі середніх та найгірших значень кожного з гідрофізичних, гідрохімічних, бактеріологічних показників, а також індексів сапробності. Для цього блоку бажана узагальнена оцінка, оскільки більшість показників є взаємопов'язаними і в кінцевому підсумку вони відповідають певному

ступеню трофності та зоні сапробності вод. Загальна кількість показників цього блоку для забезпечення обґрунтованих висновків не повинна бути меншою, ніж 10. Інтегрування показників при узагальненій оцінці пов'язане з втратою інформації. Тому поряд з узагальненою оцінкою обов'язково мають наводитись значення категорій для всіх тих показників, які перевищують узагальнені (середні) значення.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за специфічними показниками токсичної і радіаційної дії виконується за кожним показником окремо. Для даних, згрупованих у часі й просторі, оцінка дається за середнім та найгіршим значеннями кожного з показників.

Назви класів і категорій якості вод, дані про їх стан та ступінь їхньої чистоти (забруднення), а також ступінь трофності і зона сапробності оцінюваних поверхневих вод представлені у табл. 2.10.

Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, його попереднім етапом. Тому при виконанні екологічної оцінки треба передбачити зіставлення одержаних результатів зі значеннями екологічних нормативів, встановленими для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості вод значенням усіх тих показників, які встановлені у результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкта.

Результати екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв подаються у вигляді таблиць, графіків і карт. Найбільш наочним засобом подання результатів екологічної оцінки якості води є картографічний.

2.2.6 Узагальнений індекс стану вод I_{CB}

Методика комплексної оцінки якості вод за допомогою узагальненого індексу їх стану I_{CB} (методика ОДЕКУ) [14] розроблена на основі аналізу розглянутих вище методик. У ній враховано всі виявлені недоліки: використовуються рибогосподарські ГДК; перелік показників не обмежений;

враховується ефект сумарної дії; узагальнюються співвідношення значень показників якості з їх ГДК. Розроблено нову шкалу категорій якості (табл. 2.11) на основі одиниць хронічної токсичності [7]. Назва категорій якості співпадає з наведеними у [7].

Таблиця 2.11 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод за I_{CB}

Категорія якості	1	2	3	4	5	6	7
I_{CB}	$\leq 0,25$	$0,26 \div 0,50$	$0,51 \div 1,00$	$1,01 \div 2,00$	$2,01 \div 4,00$	$4,01 \div 8,00$	$> 8,00$
Характеристика якості	дуже чиста	чиста	досить чиста	слабо забруднена	помірно забруднена	брудна	дуже брудна

В методиці ОДЕКУ для врахування ефекту сумарної дії речовин розглядається вісім блоків показників: 1) мінералізація; 2) трофосапробіологічні; 3) із загальносанітарною ЛОШ; 4) із токсикологічною ЛОШ; 5) із санітарно-токсикологічною ЛОШ; 6) із органолептичною ЛОШ; 7) із рибогосподарською ЛОШ; 8) радіаційної дії.

Для другого та восьмого блоків узагальнений блоковий індекс розраховується як середнє значення ряду з n показниками за формулою (2.15), а для третього – сьомого блоків осереднення не здійснюється, і розрахунок блокового індексу виконується за формулою (2.16):

$$I_j = (1 / n) \sum (C_i / ГДК_i), \quad (2.15)$$

$$I_j = \sum (C_i / ГДК_i). \quad (2.16)$$

При розрахунку I_j використовуються рибогосподарські ГДК і ЛОШ. Якщо деякий показник не нормований у рибогосподарських нормах, але він є в методиці [7], то для нього як норму можна прийняти значення межі між 3 і 4 категоріями (табл. 2.12).

Таблиця 2.12 – Критерії якості поверхневих вод

Показник	Межа між 3 і 4 категоріями	ГДК _{РГ}
Мінералізація		
Сума іонів, мг/дм ³	1000	-
Трофо–сапробіологічні (еколого–санітарні) показники		
Завислі речовини, мг/дм ³	20	фон+0,75
Прозорість, м	>0,60	-
Перманганатне окислення, мг/дм ³	8,0	-
Біхроматне окислення (ХПК), мг/дм ³	25,0	-
Фосфор фосфатів, мг/дм ³	0,05	-
Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	2,0	-
Індекс самоочищення-самозабруднення (А/В)	0,8-1,2	-
Чисельність бактеріопланктону, млн.кл/см ³	2,5	-
Чисельність сапрофітних бактерій, тис.кл/см ³	5,0	-
Показники з токсикологічною ЛОШ		
Мідь, мг/дм ³	0,002	фон+0,001
Показники радіаційної дії		
Сумарна β–активність, Ки/дм ³	1,0*10 ⁻¹¹	-
⁹⁰ Sr, Ки/дм ³	3,0*10 ⁻¹²	-
¹³⁷ Cs, Ки/дм ³	5,0*10 ⁻¹²	-

Узагальнена оцінка визначається у результаті осереднення m блокових індексів

$$I_{CB} = (1/m) \sum I_j. \quad (2.17)$$

Категорія якості поверхневих вод встановлюється за значенням I_{CB} і табл. 2.12.

3 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД ЗА РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

Комплексна оцінка якості вод має важливе значення при організації мережі моніторингу, при визначенні пріоритетів водоохоронної діяльності, при плануванні водогосподарських заходів у галузі охорони довкілля.

Сучасні методики комплексної оцінки стану поверхневих вод не дозволяють адекватно характеризувати їх як середовище мешкання живих організмів. Це пов'язано з тим, що деякі з них були розроблені з іншою метою, інші (наприклад [1]) мають ряд суттєвих недоліків.

Діючі методики комплексної оцінки якості вод засновані на використанні наступних комплексних показників:

- індексу забруднення води (*IЗВ*),
- модифікованого (*IЗВ*),
- комплексного індексу забруднення (*КІЗ*),
- коефіцієнта забрудненості χ ,
- комплексного показника екологічного стану (*КПЕС*)
- узагальненого екологічного індексу (*I_E*).

Розрахунок комплексної оцінки якості води за період з 2010 по 2017 роки у створах р. Дунай – м. Рені, Ізмаїл, Кілія, Вілково було проведено за вище наведеними індексами, за рибогосподарськими нормами.

Значення індексу забруднення води *IЗВ*, розрахунок якого наведено у табл. 3.1, буде дорівнювати: $IЗВ = 4,46/6 = 0,74$. Вода з таким *IЗВ* має клас **2 (чиста)**.

Таблиця 3.1 – Оцінка якості води за індексом забруднення *ІЗВ*

№	Показник	$ГДК_i$	C_i	$C_i / ГДК_i$
1	Розчинений кисень	6	9,6	1,6
2	БСК	3	2,6	0,86
3	Амоній іон	0,5	0,09925	0,1985
4	Нітрити	0,08	0,021	0,2625
5	Нафтопродукти	0,05	0,01916	0,3832
6	Феноли	0,001	0,00115	1,15
Σ				4,46

Розрахунок за модифікованим *ІЗВ* (табл.3.2) дозволив встановити, що при врахуванні показників з найбільшим відношенням до ГДК (у нашому випадку це хром, марганець, цинк та залізо) значення *ІЗВ* дорівнює: $ІЗВ = 11,035/6 = 1,84$. При такому значенні *ІЗВ*, вода вже класифікується не як **чиста**, а як **помірно забруднена** (клас 3).

Істотними недоліками методики, що ґрунтується на використанні *ІЗВ*, є обмеженість набору показників, за якими класифікується вода, залежність оцінки від цього набору показників і відсутність врахування сумарної дії речовин.

Таблиця 3.2 – Оцінка якості води за модифікованим *ІЗВ*

№	Показник	$ГДК_i$	C_i	$C_i / ГДК_i$
1	Розчинений кисень	6,0	9,6000	1,6000
2	БСК	3,0	2,6000	0,8667
3	Хром (6+)	0,001	0,0018	1,8000
4	Марганець	0,01	0,0550	5,5000
5	Цинк	0,01	0,0066	0,6600
6	Залізо	0,10	0,0609	0,6088

	Σ	11,035
	Σ	10,27

При використанні комплексного індексу забруднення $KIЗ$ (табл. 8) отримано, що при $n = 18$ і 1 ЛПЗ (з використанням табл. 4) якість води за $KIЗ = 34 = (34/18)n = 1,88n$ необхідно класифікувати як **Шб (брудна)**.

Таблиця 3.3 – Оцінка якості води за комплексним індексом забруднення $KIЗ$

Показник	P_i	Бал	K_i	Бал	Заг. бал	Характеристика якості	ЛПЗ
БСК	0,13	2	0,867	1	2	забруднена	0
pH	0,00	1	0,951	1	1	слабо забруднена	0
Розч. кисень	1,00	4	1,600	1	4	брудна	0
Амоній	0,00	1	0,199	1	1	слабо забруднена	0
Нітрити	0,00	1	0,263	1	1	слабо забруднена	0
Залізо	0,13	2	0,609	1	2	слабо забруднена	0
Магній	0,00	1	0,357	1	1	слабо забруднена	0
Марганець	1,00	4	5,503	2	8	дуже брудна	0
Хром (6+)	1,00	1	1,800	1	1	слабо забруднена	0
Цинк	0,38	3	0,668	1	3	брудна	0
СПАВ	0,00	1	0,036	1	1	слабо забруднена	0
Нітрати	0,00	1	0,030	1	1	слабо забруднена	0
Натрій	0,00	1	0,181	2	2	забруднена	0
Калій	0,00	1	0,181	2	2	забруднена	0
Кальцій	0,00	1	0,670	1	1	слабо забруднена	0
Хлориди	0,00	1	0,096	1	1	слабо забруднена	0
Сульфати	0,00	1	0,392	1	1	слабо забруднена	0
Нафтопродукти	0,00	1	0,383	1	1	слабо	0

						забруднена	
$KIЗ=34$							0

Отже, комплексна оцінка збігається з оцінкою за модифікованим $IЗВ$.

Як і при використанні $IЗВ$ в методиці не враховується ефект сумарної дії речовин.

При розрахунку коефіцієнта забрудненості (χ) (табл.3.4) з пріоритетами (стовпчики 4, 5, 6 у табл. 2.7) перші чотири ранги отримують такі показники: БСК; амоній; НП и розчинений O_2 . Інші показники ранжовані в спадному порядку за співвідношенням $C_i/ГДК_i$.

Значення коефіцієнта забрудненості χ дорівнює $3,57 / 3,9999 = 0,89$, і якість води класифікується (табл. 2.5) як **нешкідлива**.

При ранжуванні усіх показників за співвідношенням $C_i / ГДК_i$ без встановлення пріоритетів (стовпчики 7, 8, 9 у табл. 3.4) χ дорівнює $6 / 4 = 1,5$. У такому випадку якість води вже класифікується як **мала забрудненість**.

Таблиця 3.4 – Оцінка якості води за критерієм забрудненості χ

№ п/п	Показник	$C_i /$ $ГДК_i$	З пріоритетами			Без пріоритетів		
			Ранг	$\varphi(i)$	$\varphi(i)C_i /$ $ГДК_i$	Ранг	$\varphi(i)$	$\varphi(i)C_i /$ $ГДК_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	БСК	0,867	1	1	0,867	1	1	0,867
2	pH	0,951	5	0,3125	0,2971875	2	1	0,951
3	Розч. O_2	1,6	4	0,5	0,8	3	0,75	1,200
4	Амоній	0,199	2	1	0,199	6	0,1875	0,037
5	Нітрити	0,263	15	0,00091	0,00023933	14	0,0017	0,000

6	Залізо	0,609	10	0,0195	0,0118755	9	0,0351	0,021
7	Магній	0,357	7	0,1094	0,0390558	5	0,3125	0,112
8	Марганець	5,503	6	0,1875	1,0318125	4	0,5	2,752

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Хром (6+)	1,8	16	0,00049	0,000882	14	0,0017	0,003
10	Цинк	0,668	17	0,00026	0,00017368	15	0,00091	0,001
11	СПАВ	0,036	18	0,00014	0,00000504	16	0,00049	0,000
12	Нітрати	0,03	11	0,0107	0,000321	10	0,0195	0,001
13	Натрій	0,181	12	0,0058	0,0010498	11	0,0107	0,002
14	Калій	0,181	8	0,0625	0,0113125	7	0,1094	0,020
15	Кальцій	0,67	9	0,0351	0,023517	8	0,0625	0,042
16	Хлориди	0,096	13	0,00317	0,00030432	12	0,0058	0,001
17	Сульфати	0,392	14	0,0017	0,0006664	13	0,00317	0,001
18	НП	0,383	3	0,75	0,28725	17	0,00026	0,000
Σ				3,99967	3,571652		4,00123	6,009981

Недоліком методики є вагома залежність оцінки якості води від способу ранжування показників. Як і в попередніх методиках в ній не враховується ефект сумарної дії речовин.

При оцінці якості води за допомогою комплексного показника $KПЕС$ (табл. 3.5) отримані наступні результати: середнє значення $KПЕС_{СЕР}$ складає $(0,273-0,273-0,756+1)/4 = 0,6$, а мінімальне значення $KПЕС_{МИН}$ дорівнює $-0,75$. Екологічний стан об'єкта у відповідності з методикою визначається як **стійкий з ознаками нестійкості** ($KПЕС_{МИН} < 0$ і $KПЕС_{СЕР} > 0$).

Таблиця 3.5 – Оцінка якості води за комплексним показником *КПЕС*

ЛОШ	Показник	C_{Ei} , мг/дм ³	$ГДК_i$, мг/дм ³	$ГДК_i - C_{Ei}$	<i>ПЕС</i>	<i>КПЕС</i>
–	Завислі речовини	36,425	37	0,75	0,020	
–	БСК	2,6	3	0,4	0,133	
–	pH	8,08125	7,5	0,419	0,056	
–	Розч. Кисень	9,6	6	-3,6	-0,600	
Σ					-0,391	0,273
Токси-коло-гічна	Амоній	0,09925	0,5	0,40075	0,802	
	Нітрити	0,021	0,08	0,059	0,738	
	Залізо	0,060875	0,1	0,039125	0,391	
	Марганець	0,1	0,01	-0,09	-9,000	
	СПАВ	0	0,5	0,5	1,000	
	Цинк	0	0,01	0,01	1,000	
Σ					-5,070	-0,273
Сани-тарно-токси-коло-гічна	Хром (6+)	0,0018	0,001	-0,0008	-0,800	
	Нітрати	1,204125	40	38,795875	0,970	
	Натрій	21,7375	120	98,2625	0,819	
	Калій	21,7375	50	28,2625	0,565	
	Кальцій	53,575	80	26,425	0,330	
	Магній	14,2875	40	25,7125	0,643	
	Хлориди	28,8125	300	271,1875	0,904	
Σ					3,431	-0,756
Р/Г	Нафтопродукти	0,19	0,05	-0,14	-2,8	1

На відміну від попередніх в методиці враховується ефект сумарної дії речовин. Однак, оцінка за цією методикою є трибальною (немає категорій стійкості і категорій нестійкості), тому її важко порівняти з оцінками за іншими методиками, які розглядаються.

е) Оцінка якості води за допомогою узагальненого індексу I_E , який розраховується за методикою [1] (табл. 3.6), показує, що значення узагальненого екологічного індексу води складає $I_E = (1,33+3,75+2,14)/3=2,4$.

Звідси, розглядувана вода має категорію **3 (слабо забруднена)**.

Таблиця 3.6 – Екологічна оцінка якості вод [1]

Показник	Значення	Категорія	Клас	Індекс
Сольовий склад				
Мінералізація, мг/дм ³	295,4375	1	I	$I_1 = (1+1+2)\backslash 3 = 4\backslash 3 = 1,33$
НСО ₃ ⁻ , мг/дм ³ , (мг-екв./дм ³) гидрокарбонаты	184,45			
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³ , (мг-екв./дм ³) сульфаты	39,2125	1	I	
Сl ⁻ , мг/дм ³ , (мг-екв./дм ³) хлориды	28,8125	2	II	
Ca ²⁺ , мг/дм ³ , (мг-екв./дм ³)	53,575			
Mg ²⁺ , мг/дм ³ , (мг-екв./дм ³)	14,2875			
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³ , (мг-екв./дм ³)	21,7375			
Трофо–сапробіологічні (еколого–санітарні)				
Завислі речовини, мг/дм ³	36,425	5	III	$I_2 = (5+3+1+6+5+5+1+4)\backslash 8 = 30\backslash 8 = 3,75$
pH	8,08125	3	II	
NH ₄ ⁺ , мгN/дм ³ амоний	0,09925	1	I	
NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³ оксид азота	1,204125	6	IV	
NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³ нитриты	0,021	5	III	
PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³ фосфаты	0,135875	5	III	
Розчинений кисень, мгO ₂ /дм ³	9,6	1	I	
Біхроматне окислення, мгO ₂ /дм ³	-			

БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2,6	4	III	
Специфічні речовини (токсичні)				
Мідь, мкг/дм ³	1,34	2	II	$I_3 = (2+1+1+2+4+2+3)/7 = 15/7 = 2,14$
Цинк, мкг/дм ³	6	1	I	
Хром (6+), мкг/дм ³	1,8	1	I	
Залізо, мкг/дм ³	60	2	II	
Марганець, мкг/дм ³	55	4	III	
Нафтопродукти, мкг/дм ³	19	2	II	
СПАВ, мкг/дм ³	18	3	II	

Недоліки методики [1]:

1) При розробці методики не враховані рибогосподарські *ГДК* речовин, які в найбільшій мірі наближені до екологічних *ГДК*.

2) Немає можливості враховувати речовини, що не входять до переліку показників, які містяться в методиці.

В переліку рибогосподарських *ГДК* міститься близько тисячі забруднювальних речовин. В методиці екологічної оцінки якості поверхневих вод їх близько 30. Будь-яка забруднювальна речовина з тисячі, яка не входить до методики, не буде врахована при оцінці якості води, навіть якщо її концентрація дуже велика.

3) Не враховується ефект сумарної дії речовин.

4) На другому етапі оцінки кожному показнику присвоюється номер категорії (індекс), який не залежить від значення показника в границях цієї категорії.

Наприклад, показник «залізо» має категорію **4** у межах 101 – 600 мкг/дм³. Це означає, що значення показника може дорівнювати 101, 178 або 600 мкг/дм³, все одно, для подальшого узагальнення він отримує індекс **4**.

5) Максимальний індекс, який може отримати показник якості, дорівнює 7 незалежно від його значення (від кратності перевищення *ГДК*).

Останній недолік може суттєво знизити значення узагальненого індексу I_E .

Оцінка якості за рибогосподарськими нормами [6] виконується методом зіставлення значень показників якості вод з їх нормативами:

якщо показники не мають ефекту сумарної дії, то значення кожного показника (C_i) повинно бути не більше за норматив ($ГДК_i$)

$$C_i \leq ГДК_i; \quad (11)$$

якщо m показників мають ефект сумарної дії, то необхідно, щоб сума значень цих показників в частках від $ГДК$ (ψ) була не більше за одиницю

$$\psi = \sum (C_i / ГДК_i) \leq 1. \quad (12)$$

Співставлення показників з нормативами наведено в табл. 3.7, з аналізу якої можна зробити висновок, що вода в р. Дунай не відповідає рибогосподарським нормам за вмістом органічних речовин (БСК = 3,7 > 3,0), а також за вмістом забруднювальних речовин з токсикологічною (сума концентрацій в частках від $ГДК$ складає 18,4) і санітарно-токсикологічною (сума концентрацій в частках від $ГДК$ складає 13,7) ЛОШ. Основною забруднювальною речовиною є марганець (в 5,6 раз).

Таблиця 3.7 - Оцінка якості вод за рибогосподарськими нормами

ЛОШ	Показник	Од. вим.	C_i	$ГДК_i$	$C_i/ГДК_i$
–	Завислі речовини	мг/дм ³	19,1	фон+0,25	–
–	БСК	"-	3,7	3,0	–
–	pH	–	8,4	6,5 – 8,5	–
–	Розчинений кисень	мг/дм ³	10,9	6,0	–
Токси- коло- гічна	Амоній	"-	0,50	0,50	1,00
	Нітрити	"-	0,077	0,08	0,96
	Залізо	"-	0,18	0,1	1,80
	Марганець	"-	0,106	0,01	10,60
	Свинець	"-	0,018	0,10	0,18
	СПАВ	"-	0,052	0,50	0,10
	Цинк	"-	0,0376	0,010	3,76
Σ					18,40
Сани-	Хром (6+)	"-	0,0109	0,001	10,90

тарно- токси- коло- гічна	Нітрати	-"	5,9	40,0	0,15
	Натрій	-"	21,7	120	0,18
	Калій	-"	21,6	50,0	0,43
	Кальцій	-"	77,5	180	0,43
	Магній	-"	29,8	40,0	0,74
	Хлориди	-"	52	300	0,17
	Сульфати	-"	67	100	0,67
Σ					13,67
Р/Г	афтопродукти	-"	0,032	0,05	—

ВИСНОВКИ

Аналіз результатів розрахунків дозволяє зробити такі висновки:

1. На теперішній час немає методики адекватної комплексної оцінки якості вод як середовища мешкання живих організмів.

Вода р. Дунай - м. Рені – м. Вілкове за різними методиками характеризується як «чиста» (*ІЗВ*), «допустимо забруднена» (χ), «слабо забруднена», «брудна» (модифікований *ІЗВ* та *КІЗ*), та «мала забрудненість» (χ без пріоритетів). За *КПЕС* стан водного середовища оцінюється як **стійкий з ознаками нестійкості**

2. Якість води в р. Дунай не відповідає рибогосподарським нормам.

Комплексно оцінити стан водного середовища за цими нормами не можна, тому що оцінка визначається як двобальна: відповідає (чиста) чи не відповідає (брудна) нормам. Але в цілому, враховуючи, що з шести показників, які використовуються для оцінки якості, три перевищують нормативи: в 18,4 раз (токсикологічна група), в 13,7 раз (санітарно-токсикологічна група) і 1,2 раз (органічні сполуки по БСК), - водне середовище необхідно характеризувати як «**брудне**» або «**дуже брудне**».

3. З методик, які розглядаються в даній роботі, стан водного середовища найбільш адекватно характеризують модифікований *ІЗВ* та *КІЗ*. Але це випадково, тому що при розрахунку цих показників не враховується ефект сумарної дії речовин.

Врахування ефекту сумачії здійснюється при розрахунку узагальненого *КПЕС*. Але за *КПЕС* оцінка є трибальною і її не можна співставити з іншими оцінками.

4. Діюча на території України методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями [1] має ряд недоліків: не

враховуються рибогосподарські *ГДК* і ефект сумарної дії речовин; обмежений перелік показників; індекс показника не залежить від його значення в межах категорії; максимальний індекс показника якості, який використовується для подальшого узагальнення, дорівнює 7 незалежно від кратності перевищення *ГДК*.

Останній недолік разом з подвійним осередненням, як показують розрахунки, суттєво знижує значення узагальненої категорії (покрощує оцінку).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Дунай и его бассейн. Гидрологическая монография. Ч. II // Региональное сотрудничество Придунайских стран. 1986. -377с.
2. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. – К.: Символ-Т, 1998. - 28 с.
3. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. –Львів: «Новий світ», 2003. – 246 с.
4. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод.–К.: Ніка. Центр, 2001. – 262 с.
5. Мусаелян С.М. Водные ресурсы Армянской ССР (использование, охрана, экономика). – Єреван: Изд-во Ереванск. гос.универс. , 1989. – 126 с.
6. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма.– Тимченко З.В. – Симферополь: Доля, 2002. – 152 с.
7. Збірник методичних вказівок з дисципліни “Методи оцінки якості природних вод” для студентів спеціальності “Екологія та охорона навколишнього середовища”/ Юрасов С.М. – Одеса: ОДЕКУ, 2005. – 86 с.
8. Колісник А.В., Юрасов С.Н. Вдосконалення методики комплексної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2009. – вип. 7. – с. 192 – 202.
9. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: Мин-во рыбного хозяйства СССР, 1990.46 с.
10. КНД 211.1.4.010-94. Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання природних ресурсів. Екологічна оцінка якості

поверхневих вод суші та естуаріїв України. - Чинно від 28.12.94 № 126 -
Київ:1994.40с.

ДОДАТОК

Таблиця А.1 – Класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критерієм мінералізації

Клас якості вод	Прісні води –I		Солонуваті води –II			Солоні води –III	
Категорія якості вод	Гіпогалінні – 1	Олігогалінні – 2	β – мезогалінні – 3	α – мезогалінні – 4	Полігалінні – 5	Еугалінні – 6	Ультрагалінні – 7
Величина мінералізації, мг/дм ³	Менше 500	510–1000	1010–5000	5010–18000	18010–30000	30010–40000	Більше 40000

Таблиця А.2 – Класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критеріями іонного складу

Клас	Гідрокарбонатні (С)			Сульфатні (S)			Хлоридні (Cl)		
Група	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na
Тип	I, II, III	I, II, III	I, II, III	II, III, IV	II, III, IV	I, II, III	II, III, IV	II, III, IV	I, II, III

Таблиця А.3 – Класифікація якості прісних гіпо- та олігогалінних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Сума іонів, мг/дм ³	≤500	501–750	751–1000	1001–1250	1251–1500	1501–2000	>2000
Хлориди, мг/дм ³	≤20	21–30	31–75	76–150	151–200	201–300	>300
Сульфати, мг/дм ³	≤50	51–75	76–100	101–150	151–200	201–300	>300

Таблиця А.4 – Класифікація якості солонуватих β - мезогалінних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія	1	2	3	4	5	6	7

якості вод							
Сума іонів, мг/дм ³	1000– 1500	1501– 2000	2001– 2500	2501– 3000	3001– 3500	3501– 4000	>4000
Хлориди, мг/дм ³	≤200	201– 400	401– 600	601– 800	801– 1000	1001– 1200	>1200
Сульфати, мг/дм ³	≤400	401– 800	801– 900	901– 1000	1001– 1100	1101– 1200	>1200

Таблиця А.5 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за трофо–сапробіологічними (еколого–санітарними) критеріями

Клас якості вод	I		II		III		IV	V
	1	2	3	4	5	6	7	
Гідрофізичні								
Завислі речовини, мг/дм ³	<5	5–10	11–20	21–30	31–50	51–100	>100	
Прозорість м	>1,50	1,00– 1,50	0,65– 0,95	0,50– 0,60	0,35– 0,45	0,20– 0,30	<0,20	
Гідрохімічні								
pH	6,9–7,0 7,1–7,5	6,7–6,8 7,6–7,9	6,5–6,6 8,0–8,1	6,3–6,4 8,2–8,3	6,1–6,2 8,4–8,5	5,9–6,0 8,6–8,7	<5,9 >8,7	
Азот амонійний, мг/дм ³	<0,10	0,10– 0,20	0,21– 0,30	0,31– 0,50	0,51– 1,00	1,01– 2,50	>2,50	
Азот нітритний, мг/дм ³	<0,002	0,002– 0,005	0,006– 0,010	0,011– 0,020	0,021– 0,050	0,051– 0,100	>0,100	
Азот нітратний, мг/дм ³	<0,20	0,20– 0,30	0,31– 0,50	0,51– 0,70	0,71– 1,00	1,01– 2,50	>2,50	
Фосфор фосфатів, мг/дм ³	<0,015	0,015– 0,030	0,031– 0,050	0,051– 0,100	0,101– 0,200	0,201– 0,300	>0,300	

Продовження табл. А.5

Розчинений кисень, мг/дм ³	>8,0	7,6–8,0	7,1–7,5	6,1–7,0	5,1–6,0	4,0–5,0	<4,0
% насичення	96–100 101–105	91–96 106–110	81–90 111–120	71–80 121–130	61–70 131–140	40–60 141–150	<40 >150
Перманганат. окисл., мг/дм ³	<3,0	3,0–5,0	5,1–8,0	8,1–10,0	10,1–15,0	15,1–20,0	>20,0
Біхроматна окисл., мг/дм ³	<9	9–15	16–25	26–30	31–40	41–60	>60
БСК ₅ , мг/дм ³	<1,0	1,0–1,6	1,7–2,1	2,2–4,0	4,1–7,0	7,1–12,0	>12,0
Гідробіологічні							
Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	<0,5	0,5–1,0	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	10,1–50,0	>50,0
Індекс самоочищ.-самозобр. (A/R)	1,0	0,9 1,1	0,8 1,2	0,7 1,3–1,5	0,6 1,6–2,0	0,5 2,1–2,5	<0,5 >2,5
Бактеріологічні							
Чисельн. бактеріопланкт., млн.кл/см ³	<0,5	0,5–1,5	1,6–2,5	2,6–5,0	5,1–7,0	7,1–10,0	>10,0
Чис. сапрофіт. бактерій, тис.кл/см ³	<1,0	1,0–3,0	3,1–5,0	5,1–10,0	10,1–25,0	5,1–100,0	>100,0
Біоіндексація сапробності (індекси сапробності)							
за Пантле–Букком	<1,0	1,0–1,5	1,6–2,0	2,1–2,5	2,6–3,0	3,1–3,5	>3,5
за Гуднайтом – Уітлеєм	1–20	21–45	46–60	61–70	71–80	81–90	91–100
Сапробність	Олігосапробні		β–мезосапробні		α–мезосапробні		Полісапробні
	β – олігосапробні	α – олігосапробні	β' – мезосапробні	β'' – мезосапробні	α' – мезосапробні	α'' – мезосапробні	Полісапробні

Продовження табл. А.5

Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні
	Оліготрофні	Мезотрофні	Мезо-евтрофні	Евтрофні	Ев-політрофні	Політрофні	Гіпертрофні

Таблиця А.6 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Ртуть, мкг/дм ³	<0,02	0,02–0,05	0,06–0,20	0,21–0,50	0,51–1,00	1,01–2,50	>2,50
Кадмій, мкг/дм ³	<0,1	0,1	0,2	0,3–0,5	0,6–1,5	1,6–5,0	>5,0
Мідь, мкг/дм ³	<1	1	2	3–10	11–25	26–50	>50
Цинк, мкг/дм ³	<10	10–15	16–20	21–50	51–100	101–200	>200
Свинець, мкг/дм ³	<2	2–5	6–10	11–20	21–50	51–100	>100
Хром, мкг/дм ³	<2	2–3	4–5	6–10	11–25	26–50	>50
Нікель, мкг/дм ³	<1	1–5	6–10	11–20	21–50	51–100	>100
Миш'як, мкг/дм ³	<1	1–3	4–5	6–15	16–25	26–35	>35
Залізо, мкг/дм ³	<50	50–70	76–100	101–500	501–1000	1001–2500	>2500
Марганець, мкг/дм ³	<10	10–25	26–50	51–100	101–500	501–1250	>1250
Фториди, мкг/дм ³	<100	100–125	126–150	151–200	201–500	501–1000	>1000
Цианіди, мкг/дм ³	0	1–5	6–10	10–25	26–50	51–100	>100
Нафтопродукти, мкг/дм ³	<10	10–25	26–50	51–100	101–200	201–300	>300

Продовження табл. А.6

Феноли, мкг/дм ³	0	<1	1	2	3–5	6–20	>20
СПАР, мкг/дм ³	0	<10	10–20	21–50	51–100	101–250	>250

Таблиця А.7 – Екологічна класифікація якості гіпо– та олігогалинних і солонуватих β–мезогалинних вод за рівнем токсичності

Клас якості вод	I		II		III		IV	V
	1	2	3	4	5	6	7	
Оцінюються смертність <i>Daphnia magna</i> Str., <i>Ceriodaphnia affinis</i> Lill., та інші	смертність відсутня	смертність відсутня або менше 10% протягом 48–годинного біотестування		смертність відсутня або менше 10% протягом 24–годинного біотестування		смертність $\geq 50\%$ за 48–годин біотестування	смертність $\geq 50\%$ за 24–години біотестування	
Оцінюється смертність <i>Ceriodaphnia affinis</i> Lill за 48 годин біотестування в одиницях гострої летальної токсичності	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня	1	>1	
Оцінюється зменшення БСК ₁ (за добу) в %	0	0	<10	10–30	31–50	51–70	>70	
Оцінюється виживання або плодючість <i>Ceriodaphnia</i> за 7–10 діб в одиницях хронічної токсичності	<1	1	1	2	4	8	>8	

Таблиця А.8 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критеріями специфічних показників радіаційної дії

Клас якості вод	I		II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7	
Сумарна β -активність	$<0,44 \cdot 10^{-11}$ *	$(0,44-0,55) \cdot 10^{-11}$ *	$(0,56-0,75) \cdot 10^{-11}$ *	$(0,76-1,0) \cdot 10^{-11}$ *	$(1,1-15,0) \cdot 10^{-11}$ *	$(15,1-27,0) \cdot 10^{-11}$ *		$>27,0 \cdot 10^{-11}$ *
^{90}Sr	$<6,2 \cdot 10^{-13}$ *	$(6,2-7,5) \cdot 10^{-13}$ *	$(7,6-9,9) \cdot 10^{-13}$ *	$(1,0-3,0) \cdot 10^{-12}$ *	$3,1 \cdot 10^{-12}-4,0 \cdot 10^{-11}$ *	$(4,1-9,0) \cdot 10^{-11}$ *		$>9,0 \cdot 10^{-11}$ *
^{137}Cs	$<1,2 \cdot 10^{-13}$ *	$(1,2-2,5) \cdot 10^{-13}$ *	$(2,6-5,0) \cdot 10^{-13}$ *	$5,1 \cdot 10^{-13}-5,0 \cdot 10^{-12}$ *	$5,1 \cdot 10^{-12}-1,5 \cdot 10^{-10}$ *	$1,6 \cdot 10^{-10}-1,5 \cdot 10^{-9}$ *		$>1,5 \cdot 10^{-9}$ *

Таблиця А.9 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією

Клас якості вод	I		II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7	
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	відмінні	добрі		задовільні		погані	дуже погані	
	відмінні	дуже добрі	добрі	задовільні	посередні	погані	дуже погані	
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти	дуже чисті	чисті		забруднені		брудні	дуже брудні	
	дуже чисті	чисті	досить чисті	слабкозабруднені	помірнозабруднені	брудні	дуже брудні	
Трофність (переважаючий тип)	оліготрофні	мезотрофні		евтрофні		політрофні	гіпертрофні	
	оліготрофні оліго-мезотрофні	мезотрофні	мезо-евтрофні	евтрофні	ев-політрофні	політрофні	гіпертрофні	

