

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних занять з навчальної дисципліни
«Екологічне нормування і районування водних екосистем»
для бакалаврів III та IV років
денної та заочної форм навчання
Спеціальність: 207 Водні біоресурси та аквакультура
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів»

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол №__ від «__» ____ 2024 р.
Голова групи _____ Шекк П.В.

Затверджено
на засіданні кафедри Водних біоресурсів
та аквакультури
Протокол № __ від «__» ____ .2024 р.
Зав. кафедрою _____ Бургаз М.І..

Одеса 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних занять з навчальної дисципліни
«Екологічне нормування і районування водних екосистем»
для бакалаврів III та IV років
денної та заочної форм навчання
Спеціальність: 207 Водні біоресурси та аквакультура
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів»

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № від « » _____ 2024 р.

Одеса – 2024

Збірник методичних вказівок до практичних занять з навчальної дисципліни «Екологічне нормування і районування водних екосистем» для бакалаврів III та IV років денної та заочної форм навчання, спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура, ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів»

Укладач: ст.викладач Безик К.І., Одеса: ОДЕКУ, 2024. –43с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1	
ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНИХ ВОД.....	5
<i>Питання для самоперевірки.....</i>	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2	
ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ РЕЧОВИН, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД.....	18
<i>Питання для самоперевірки.....</i>	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3	
ТЕМА: РОЗРАХУНОК РОЗБАВЛЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У ВОДІ ВОДНОГО ОБ'ЄКТА У ЗОНІ СКИДІВ ТЕХНОГЕННОГО СТАЦІОНАРНОГО ДЖЕРЕЛА.....	23
<i>Питання для самоперевірки.....</i>	
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4	
ТЕМА: РОЗРАХУНОК ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВОДІ ВОДНОГО ОБ'ЄКТА У ЗОНІ СКИДІВ ТЕХНОГЕННОГО СТАЦІОНАРНОГО ДЖЕРЕЛА.....	31
<i>Питання для самоперевірки.....</i>	39
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5	
ТЕМА: ОЦІНКА СТАНУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА У ЗОНІ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	40
<i>Питання для самоперевірки.....</i>	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	43

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Екологічне нормування і районування водних екосистем» включає розділи, які передбачені силлабусом навчальної дисципліни.

Головною метою практичних занять є: є вивчення теоретичних основ екологічного районування і теорії екологічного нормування якості вод, основних параметрів екологічного моніторингу та видів забруднювачів, значень гранично допустимих концентрацій нормативних показників якості вод для господарсько-питного, культурно-побутового та рибогосподарського водокористування, принципи районування водних об'єктів, його типи і підходи з метою діагностування стану, збереження біорізноманіття і управління якістю водних екосистем.

Після виконання всіх практичних робіт з дисципліни «Екологічне нормування і районування водних екосистем» студенти повинні **знати**:

- ✓ здатність здійснювати екологічний аналіз заходів (або інновацій) у галузі діяльності,
- ✓ здатність забезпечувати екологічно-збалансовану діяльність та проводити екологічно-збалансовану діяльність та здійснювати гідроекологічний аналіз заходів (або інновацій) у галузі водних біоресурсів та аквакультури

Після виконання всіх лабораторних робіт студенти повинні **вміти**:

- ✓ за результатами аналізу інформації, що характеризує екологічну ситуацію, на підставі відомостей щодо структури об'єкта діяльності та його призначення, функцій тощо, використовуючи ознаки системи класифікувати проблему та систему.
- ✓ характеризувати гідроекологію та правила експлуатації великих річок і водосховищ,
- ✓ розраховувати санітарні попуски води,
- ✓ визначати оцінку впливу на оточуюче водне середовище (ГідроекоОВОС);
- ✓ характеризувати гідроекологію озер, проводити оцінку стану їх водних екосистем за гідрохімічними і гідробіологічними показниками, підвищувати біопродуктивність і рибопродуктивність

Метою методичних вказівок є навчити студента використовувати на практиці отримані знання користування нормування та районування водних екосистем.

В методичних вказівках наведено перелік тем практичних робіт, теоретичні питання, які необхідні для виконання кожної практичної роботи, завдання та питання для самоперевірки до кожної роботи для закріплення вивченого матеріалу.

У силлабусі дисципліни «Екологічне нормування і районування водних екосистем» наведені змістовні лекційні та практичні модулі, контрольні питання для захисту практичних робіт та критерії оцінювання. Ознайомитись з силлабусом можна за посиланням - <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/11467>

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: «ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНИХ ВОД»

Мета роботи: навчитися оцінювати фізичні властивості природних вод, освоїти методики органолептичного визначення показників її якості.

Теоретичні відомості

До фізичних властивостей води відносяться температура, електропровідність, органолептичні показники (запах, смак, кольоровість, мутність). Температура природних вод є результатом декількох процесів, що протікають у водному об'єкті, таких, як сонячна радіація, випаровування, теплообмін з атмосферою, перенесення тепла течіями, турбулентним перемішуванням вод і так далі. Температура природних вод залежить від їх походження. Води підземних джерел відрізняються постійністю температури. Сезонні коливання температури стають менш різкими із збільшенням глибини залягання підземних вод. Температура вод відкритих водоймищ значно змінюється протягом року і по годинам доби. Звичайне прогрівання поверхневих вод відбувається зверху вниз. Річний і добовий хід температури води на поверхні і глибинах визначається кількістю тепла, що надходить на поверхню, а також інтенсивністю і глибиною перемішування. Добові коливання температури можуть складати декілька градусів і зазвичай проникають на невелику глибину. На мілководді амплітуда коливань температури води близька до перепаду температури повітря. Розподіл температури води в річці багато в чому зв'язаний із швидкістю течії. При інтенсивному перемішуванні температура води на різній глибині однакова. При сповільненій течії, на мілководді вода прогривається краще, і в цьому випадку температура води у берегів і на глибині може бути різною. Чим повноводніша річка, тим менше швидкість її течії і тим більше різниця температур в різних шарах води. У водоймищах, як і у водотоках, спостерігається різниця температур по товщині водного шару. В цьому випадку вона обумовлена процесами перемішування води, на які величезний вплив робить форма улоговини водоймища. Чим дрібніше водоймище, більше відношення площі дзеркала до його глибини, тим сильніше дія вітру. У маленьких за площею, але

глибоких водоймищах перемішування води за рахунок вітрових течій виражене слабо. Влітку та взимку в стоячих водоймищах спостерігається різниця температур верхніх і нижніх шарів води. Така розбіжність називається температурною дихотомією, а шари води, що мають різну температуру – температурною стратифікацією. Влітку спостерігається пряма температурна стратифікація, коли верхні шари води тепліші, ніж нижні. Верхній шар води в озерах з вираженою температурною стратифікацією називається епілімніон, нижній, – гіполімніон, а шар температурного стрибка – металімніон. Температура епілімніону схильна до значних сезонних коливань, температура гіполімніона – більш постійна. Взимку температура води гіполімніона близька до 4°C, оскільки при цій температурі вода має найбільшу густину. Поступове нагрівання води відбувається, починаючи з весняного танення льоду. При досягненні водою температури на поверхні водоймища 4°C, вона стає найбільш густою і опускається вниз, витісняючи з гіполімніона холоднішу воду. Результатом такої циркуляції води у водоймищі є порушення стратифікації. Температура на всіх рівнях стає однаковою, а відповідно і густина по всій товщі води. Настає гомотермія. При прогріванні верхніх шарів вони залишаються на поверхні, оскільки їх густина менша за густину шарів води, що знаходяться нижче. Встановлюється літня стратифікація. Восени процес протікає в зворотному порядку. Внаслідок охолодження води температура епілімніона наближається до температури гіполімніона. Настає осіння гомотермія. Зниження температури верхніх шарів води нижче 4°C приводить до зворотної температурної стратифікації. Температура води – найважливіший чинник, який впливає на фізичні, хімічні, біохімічні і біологічні процеси, що відбуваються у водоймищі та від якого значною мірою залежать кисневий режим і інтенсивність процесів самоочищення. (Наприклад, при збільшенні температури на 10°C швидкість біохімічних процесів збільшується в 2–3 рази. Але на відміну від хімічних процесів біологічні потребують дуже повільної зміни температури з тим, щоб живі організми могли адаптуватися до такої зміни. Різкі зміни температури можуть спричинити загибель корисних мікроорганізмів). Значення температури використовують для обчислення ступеня насичення води киснем, лужності, стану карбонатно-кальцієвої системи, при багатьох гідрохімічних, гідробіологічних, особливо лімнологічних дослідженнях, при вивченні теплових забруднень.

Органолептичні спостереження – це метод визначення стану водного об'єкту шляхом безпосереднього його огляду. При органолептичних спостереженнях особливу увагу звертають на явища, незвичайні для даного водоймища або водотоку, які свідчать про його забруднення: загибель риби і інших водних рослинних і тваринних організмів, виділення бульбашок газу з донних відкладів, поява підвищеної мутності, сторонніх забарвлень, запаху, цвітіння води, нафтової плівки і ін.

При органолептичному обстеженні водоймища визначають і його органолептичні властивості.

Органолептичні властивості води – це такі властивості, які визначаються за допомогою органів чуття: зору, смаку, нюху. До них відносяться: запах, смак, кольоровість і мутність води. Органолептичні властивості води визначаються за стандартними методиками, що наводяться в ДСТУ 3351-74.

Органолептичні показники води включають нормативи для речовин:

- що зустрічаються в природних водах;
- що додаються до води в процесі обробки у вигляді реагентів;
- джерел водопостачання, що з'являються в результаті промислового, сільськогосподарського і побутового забруднень.

Запах – це властивість води викликати у людини і тварин специфічне роздратування слизової оболонки носових ходів.

Природна вода має цілий букет ароматів (наприклад, озерна або річкова пахне свіжістю, вода лісового джерела – прілим листям, землею, цвіллю, морська – йодом, рибою). Запах води викликають летючі пахучі речовини, що поступають у воду в результаті процесів життєдіяльності водних організмів, при біохімічному розкладанні органічних сполук, при хімічній взаємодії компонентів, що містяться у воді, а також з промисловими, сільськогосподарськими і господарсько-побутовими стоками. Отже, запахи природних вод можуть бути природного і штучного походження.

До запахів природного походження відносять землистий, рибний, гнильний, сірчановодневий, ароматичний, болотний, глинистий і ін., штучного походження – хлорний, камфорний, аптечний, фенольний, хлорфенольний, запах нафтопродуктів.

На запах води чинять вплив:

- хімічний склад домішок,

- температура,
- рН,
- ступінь забрудненості водного об'єкта,
- біологічна обстановка,
- гідрологічні, геологічні умови місцевості,
- тип живлення водоймища і інші причини. По запаху води можна визначити можливе джерело походження запаху (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Можливі джерела походження запаху у водних об'єктах

Скорочення	Класифікація запаху	Приклади або можливе джерело походження запаху
A	ароматний або пряний	камфара, гвоздика, лаванда, лимон
Aε	огірковий	Senura
У	бальзамний або квітковий	герань, ірис, ваніль
Bg	геранієвий	Asterionella
Bm	настурція	Aphanizomaenon
	солодкуватий	Coelosphaerium
	фіалковий	Mallomonas
З	хімічний	промислові стічні води або хімічна обробка вод
З	хлорний	вільний хлор
Ch	вуглеводневий	стоки підприємств нафтопереробної промисловості
Cm	лікарський	феноли і йодоформ
D	неприємний (тухлих яєць)	сірководень
Df	рибний	Uroglenopsis і Dinobryum
Dp	гнойовий	Anabaena
Dj	гнильний	стічні води, що застоювалися
E	землистий	сира земля
	торф'яний	торф
	трав'янистий	лежала трава
M	затхлий	пріюча солома
Mm	плісневий	сирий підвал
V	овочевий	коріння овочів

При проведенні аналізу природної води на наявність запаху спочатку встановлюють характер запаху природного походження, а потім штучного.

Проведення роботи за визначенням запаху вимагає дотримання наступних умов:

- а) повітря в приміщенні повинне бути без запаху;
- б) відсутність запаху від рук, одягу спостерігача;
- в) одній і тій же особі не можна проводити визначення запаху протягом тривалого часу, оскільки з'являється звичка до запаху. Інтенсивність і характер запаху визначають за 5-бальною шкалою.

Вода має смак. Його букет формується в результаті діяльності багатьох організмів і за наявності мінеральних домішок. Природне походження смакових властивостей води може бути викликане наявністю в ній заліза, мангану, сірководня і ін., штучні смаки і присмаки обумовлені скиданням стічних вод.

Розрізняють чотири основні смаки води: *солоний, гіркий, солодкий і кислий*. Всі інші види смакових відчуттів називаються *присмаками*.

Солоний смак води обумовлений присутністю хлориду натрію, *гіркий* – сульфату магнію, *кислий* часто пояснюється надлишком розчиненої вуглекислоти (мінеральні води), *залізистий присмак* – додають розчинені солі заліза, *лужний* – поташ, сода, їдкі луги, *терпкий* – сульфат кальцію, солі мангану. У табл. 1.2 наведені концентрації солей, що викликають різні смакові відчуття. Межа смакових відчуттів людини вельми висока (наприклад, хлорфенол виявляється на смак при концентрації 0,000004 мг/л).

Таблиця 1.2 Інтенсивність і характер смаків води за 5–бальною системою.

Сіль	Концентрація, мг/дм ³	
	смак (без ясного уявлення) ледве відчутний	смак сприймається як поганий, відштовхуючий
NaCl	150	500 – солоний
MgCl ₂	100	400 – гіркий
MgSO ₄	200	500- гіркий
CaSO ₄	70	150 - терпкий
KG	350	700-гіркий
FeSO ₄	1,5	5,0 – залізистий
MnCl ₂	2,0	4,0 – болотний
FeCl ₂	0,3	0,5 - болотний

Мутність води обумовлена присутністю в ній нерозчинених речовин неорганічного і органічного походження. Причиною мутності поверхневих вод, перш за все, є мули, кременева кислота, гідроксиди заліза і алюмінію, органічні колоїди, мікроорганізми і планктон. Якісне визначення проводять описово: слабка опалесценція; опалесценція; слабка, помітна і сильна муть.

Мутність визначають за різними методиками:

- нефелометричний метод,
- метод визначення мутності за допомогою мутноміра,
- фотометричне визначення мутності,
- визначення мутності по світлопроникності за допомогою приладу Снеллена (по шрифту або по хресту) і деякі інші.

Одиниця вимірювання мутності – мг/л, прозорості – сантиметри або метри.

Залежно від вмісту завислих речовин розрізняють річки з малою, середньою і великою каламутністю води. Мутність води пов'язана із швидкістю течії.

З погляду підготовки природної води значення має не тільки природа речовин, але і їх фізико-хімічний стан. Залежно від щільності і розмірів окремих частинок завислі речовини можуть випадати у вигляді осаду, спливати на поверхню води або залишатися в завислому стані (табл. 1.3). Відповідно до цього всі домішки підрозділяють на чотири групи.

Перша група – завислі речовини. Це нерозчинні у воді суспензії і емульсії, середній розмір частинок яких складає 0,1–0,001 мм. Вони кінетично нестійкі і знаходяться в завислому стані в силу гідродинамічної дії руху потоку. Саме ці домішки обумовлюють мутність води.

Таблиця 1. 3 – Розміри і час осадження завислих частинок

Домішки	Діаметр частинок, мм	Гідравлічна крупність, мм\с	Час осідання частинок в 1м води
Гравій	30	425	1с.
Пісок	1	100	10с.
Дрібний пісок	0,1	7	2 хв.
Глина	0,01	0,066	2 год.
Бактерії	0,001	0,005	8 діб.

Колоїдні частинки	0,0001	0,00044	2 роки
Теж	0,00001	0,000007	20 років

Друга група – колоїдно-розчинені домішки і високомолекулярні органічні сполуки з розмірами 0,001–0,0001 мм. Колоїдні частинки природного характеру – частинки ґрунтів, колоїдні сполуки заліза і гумус, що утворюється в результаті хімічного і біохімічного розкладання рослинних залишків безпосередньо у водоймищі. До колоїдних домішок антропогенного походження відносяться детергенти, віруси і ін., які за своїми розмірами близькі до колоїдів. Наявність колоїдних домішок у воді збільшує її мутність.

Третя група домішок – це молекулярно-розчинені речовини з розмірами частинок 0,0001–0,00001 мм, у тому числі і гази, які практично завжди містяться в природній воді. Головні з них – кисень і вуглекислий газ. У забруднених водних об'єктах може бути присутнім сірководень.

Четверта група домішок – речовини, які у воді дисоціюють на іони, з розмірами частинок менше 0,00007 мм. Головним чином цю групу представляють солі. Їх концентрація визначає ступінь мінералізації води. Загальний вміст солей у воді приблизно оцінюється за величиною сухого залишку. Повніше уявлення про склад домішок цієї групи дає вивчення іонного складу води. Для більшості природних вод загальний солевміст достатньо точно визначається катіонами і аніонами (SO₂, Cl, Ca, Na).

Іонний склад води обумовлює один з найважливіших показників її якості – *лужність*.

Під **звженими речовинами** зазвичай розуміють грубо дисперсні домішки, присутні в природних водах. Вони складаються з частинок глини, піску, мула, суспензій органічних і неорганічних речовин, планктону і інших мікроорганізмів. Концентрація завислих частинок пов'язана з сезонними змінами і режимом стоку і залежить від танення снігу, порід, що складають русло, а також від антропогенних чинників, таких як розробки корисних копалини і тому подібне. Завислі у воді частинки впливають на прозорість води і на проникнення в неї світла, температуру, розчинені компоненти поверхневих вод, адсорбцію токсичних речовин, а також на склад, розподіл відкладень і швидкість їх осадження. Вода, в якій багато завислих частинок, не підходить для рекреаційного використання з естетичних міркувань.

Прозорість (або світлопроникнення) природних вод обумовлена їх кольоровістю і каламутністю, тобто вмістом в них різних забарвлених і завислих органічних і мінеральних речовин. Мірою прозорості служить висота стовпа води, при якій можна спостерігати білу пластину певних розмірів (диск Секкі), що опускається у водоймище, або розрізнити на білому папері шрифт певного розміру і типу (як правило, шрифт середньої жирності заввишки 3,5 мм). Результати виражаються в сантиметрах з вказівкою способу вимірювання.

Визначення прозорості води – обов'язковий компонент спостережень за станом водних об'єктів. Збільшення кількості грубо-дисперсних домішок і мутності характерний для забруднених і евтрофних водоймищ. Залежно від ступеня прозорості води водоймища можна класифікувати відповідно до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Класифікація водоймищ за ступенем прозорості води.

<i>Трофність водойми</i>	<i>Клас якості</i>	<i>Прозорість , м</i>
Оліготрофні	1 (дуже чиста вода)	<6
Мезотрофні	2 (чиста вода)	<4
Слабка трофність	3 (значна забрудненість)	<2
Сильна трофність	4 (значніша забрудненість)	<1
Політрофність	5 (забруднена вода)	<0.5
Гіпертрофність	6 (дуже забруднена вода)	<0.5

Між вмістом завислих речовин у воді і її прозорістю немає прямої залежності, оскільки прозорість залежить не тільки від кількості завислих речовин, але і від ступеня їх дисперсності. Проте таку залежність можна встановити для конкретної води шляхом ряду паралельних визначень прозорості і концентрації завислих речовин.

Кольоровість води (або її забарвлення) обумовлена вмістом у воді домішок мінерального характеру: гумусових і дубильних речовин, білково і вуглеводоподібних сполук, жирів, органічних кислот і органічних сполук, що входять до складу гідробіонтів і є продуктами їх життєдіяльності або розпаду. Разом з цим забарвлення вод може бути пов'язане з присутністю сполук заліза, стічних вод деяких виробництв або "цвітінням" водоймищ. Розрізняють "*істинний*" колір води та колір який "*здається*". "*Істинний*"

колір обумовлений тільки розчиненими речовинами, той що "здається" – викликаний присутністю у воді колоїдних і завислих частинок, співвідношення між якими багато в чому визначається величиною рН.

Кольоровість природних вод обумовлена зазвичай **гумусовими речовинами**. Нерозчинні гумусові речовини ґрунту присутні в природних водах лише в завислому стані. У колоїдному і істинно розчиненому стані присутні гумусові кислоти, головним чином у вигляді солей і лужноземельних металів. Головне джерело надходження гумусових кислот в природні води – ґрунти і торф'яники, з яких вони вимиваються дощовими і болотними водами. Значна частина гумусових кислот вноситься до водоймищ разом з пилом і утворюється безпосередньо у водоймищі в процесі трансформації "живої органічної речовини". Гумусові кислоти в поверхневих водах можуть знаходитися в розчиненому, завислому і колоїдному станах. Співвідношення між цими станами визначається хімічним складом вод, *pH*, біологічною ситуацією у водоймищі і іншими чинниками. Вміст гуминових кислот в поверхневих водах зазвичай не перевищує 0,0001 мг/л по вуглецю, підвищуючись в природних водах лісових і болотистих місцевостей і додаючи їм характерний бурий колір. У воді багатьох річок гуминові кислоти не виявляються. Фульвокислоти добре розчиняються у воді. Висока кольоровість води погіршує її органолептичні властивості і робить негативний вплив на розвиток водних організмів.

Кольоровість води вимірюється в градусах платиново-кобальтової шкали (ПКШ). Колір розчину, що містить 2,49 г K_2PtCl_6 2,08 г CoC_2 в 1 л води, прийнятий за 1000 умовних градусів кольоровості. Для визначення кольоровості застосовують прилади, дія яких заснована на вимірюванні оптичної щільності води (фотоелектроколометри і спектрофотометри). Простий спосіб визначення кольоровості води заснований на порівнянні досліджуваної проби з кольором дистильованої води. Для такого експрес визначення необхідні 2 хімічних циліндра заввишки 20 см, лист білого паперу, паперовий фільтр. Природну воду фільтрують через паперовий фільтр в об'ємі не менше 40 мл і поміщають в циліндр. В інший циліндр наливають воду, що дистилує, в такому ж об'ємі. Порівнюють циліндри з водою над листом чистого білого паперу. Наприклад, для пиття придатна вода, якщо забарвлення її не виявляється при висоті стовпа більше 20 см.

Завдання:

Визначити температуру води та запах.

1. Температуру води визначають у відібраній пробі або у водоймищі. Для цього необхідно помістити термометр в досліджувану воду і витримати його у воді не менше 5 хв. Виразити температуру в градусах з точністю до 0,1.
2. Визначення запаху:

Характер запаху води визначають відчуттям сприйманого запаху (землистий, хлорний, нафтопродуктів і ін.). Визначення запаху води проводять при 20°C і 60°C. 9.

Визначення запаху при 20°C - колбу відміряти 100 мл досліджуваної води з температурою 20°C. Колбу закрити пробкою. Вміст колби кілька разів перемішати обертальними рухами, після чого колбу відкрити і визначити характер і інтенсивність запаху.

Визначення запаху при 60°C - у колбу відміряти 100 мл досліджуваної води. Шийку колби закрити годинниковим склом і підігріти на водяній бані до 50–0°C. Вміст колби кілька разів перемішати обертальними рухами. Зрушуючи скло убік, швидко визначити характер і інтенсивність запаху. Інтенсивність запаху води при 20°C і 60°C оцінити за 5–бальною шкалою.

Таблиця 1.5 – Шкала оцінки інтенсивності запаху води

Інтенсивність запаху	Характер прояву запаху	Оцінка, бал
Немає	Запах не відчувається	0
Дуже слабка	Запах не відчувається, але виявляється при лабораторному дослідженні	1
Слабка	Запах помітний, якщо звернути на це увагу	2
Помітна	Запах легко помітний і викликає несхвальний відгук про воду	3
Виразна	Запах звертає на себе увагу і примушує утриматися від пиття	4
Дуже сильна	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною до вживання	5

Визначення смаку.

Смак визначають в сирій воді (при узятті проби), за винятком води відкритих водоймищ і джерел, сумнівних в санітарному відношенні. Пробу сиріої води на смак проводити тільки при упевненості в її нешкідливості !!! У сумнівних випадках, коли можна чекати наявності в природній воді хвороботворних мікроорганізмів, воду слід заздалегідь прокип'ятити протягом 5 хвилин, потім охолодити до 20°C і потім вже пробувати на смак.

Досліджувану воду набрати в рот малими порціями, не проковтуючи, і затримати протягом 3–5 с. 2. Інтенсивність смаку і присмаку визначити при 20°C і оцінити за 5–бальною шкалою.

Таблиця 1. 6 – Шкала оцінки інтенсивності смаку і присмаку води

Інтенсивність смаку і присмаку	Характер прояву смаку і присмаку	Оцінка, бал
немає	не відчуваються	0
дуже слабка	не відчуваються, але виявляються при лабораторному дослідженні	1
слабка	помітні, якщо звернути на них увагу	2
помітна легко	помітні і викликають несхвальний відгук про воду	3
виразна	звертають на себе увагу і примушують утриматися від пиття	4
дуже сильна	настільки сильні, що роблять воду непридатною для вживання	5

Визначення кольоровості природних вод.

. Кольоровість води визначають фотометрично – шляхом порівняння досліджуваної рідини з розчинами, що імітують колір природної води.

Через мембранний фільтр профільтрувати відібрану на аналіз воду. 100 мл цієї води відміряти в циліндр Несслера і порівняти з шкалою кольоровості. Порівняння провести на білому фоні. Якщо досліджувана проба води має кольоровість вище 70°, її необхідно розбавити

дистильованою водою. Розбавлення проводять до моменту отримання забарвлення досліджуваної води, яку порівнюють із забарвленням шкали кольоровості. Отриманий результат помножити на число, відповідне розбавленню.

Таблиця 1.7 – Шкала кольоровості

Розчин	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Розчин	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	85
Градуси	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70

Розчин в кожному циліндрі відповідає певному градусу кольоровості. По ДСТУ 3351–74 шкалу кольоровості слід зберігати в темному місці і замінювати її через кожних 2–3 місяці. Градувальний графік будують за шкалою кольоровості і зміряним за допомогою фотоелектроколориметра значенням оптичної щільності сумішей стандартних розчинів.

Всі проведені дослідження занести до таблиці

Результати визначення температури, запаху, кольоровості, мутності та смаку води

№ досліджуваної води	Характеристика досліджуваної води	Оптична густина	Прозорість	Мутність, мг/л		Примітка(t)
				по оптичній щільності	по прозорості	

Питання для самоперевірки

1. Які якості води відносять до групи фізичних властивостей?
2. Які природні чинники впливають на утворення і зміну температури водного об'єкту (річки, озера)?
3. Які методи досліджень відносяться до органолептичних? Перерахуйте органолептичні властивості води. Одиниці вимірювання?
4. Які чинники впливають на запах, смакові властивості та кольоровість води?
5. Які чинники впливають на мутність і прозорість води?
6. Які смаки води Ви знаєте? Що називають присмаком води?
7. Наведіть класифікацію завислих речовин залежно від їх щільності і

розмірів частинок?

8. Чим обумовлена кольоровість природних вод? Поясніть поняття "істинний" колір води і колір, що "здається".
9. Які кислоти називають гумусовими? Який вплив вони роблять на органолептичні властивості води?
10. Яким чином органолептичні властивості води впливають на життєдіяльність тваринних і рослинних організмів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: «ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ РЕЧОВИН, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД»

Мета роботи: ознайомлення з методиками і придбання практичних навиків визначення вмісту в природних водах речовин, що впливають на її властивості.

Теоретичні відомості

Хімічні показники, які впливають на органолептичні властивості води: сполуки феруму, мангану, купруму, цинку, фосфати, хлориди, сульфати, а також жорсткість води, мінералізація води (загальний солевміст) і pH .

Для поверхневих вод, що містять невеликі кількості діоксиду вуглецю, характерна лужна реакція.

Зміни pH тісно пов'язані з процесами фотосинтезу із-за споживання CO_2 водною рослинністю і може істотно коливатися протягом доби. Джерелом іонів водню є також гумусові кислоти, присутні в ґрунтах.

Для природних вод показник pH досить стійкий. Розчинені карбонати є своєрідним буфером, який перешкоджає різким змінам цього показника. У м'якій воді, де зміст карбонатів малий, у міру насичення води вуглекислим газом показник pH зменшується.

Отже, м'які води не сприяють стійкості pH -потенціала. В період інтенсивного фотосинтезу показник pH може збільшуватися до 10-11. Особливо таке збільшення характерне для поверхневих шарів водоймища, багатих вищою водною рослинністю.

У багатих життям водоймищах pH води коливається протягом доби. Вночі, при насиченні води вуглекислою, що виділяється в процесі дихання, pH знижується, вдень CO_2 споживається при фотосинтезі, і pH підвищується. Амплітуда коливань pH може досягати 2,5.

В залежності від значення pH природні води можна розділити на сім груп (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Класифікація природних вод в залежності від значення рН

Характеристика вод	рН	Впливаючі чинники
Сильнокислі	<3	Результат гідролізу солей важких металів (шахтні і копальневі води)
Кислі	3...5	Надходження у воду вугільної кислоти, фульвокислот і інших органічних кислот в результаті розкладання органічних речовин
Слабокислі	5...6,5	Присутність гумусових кислот в ґрунті і болотяних водах (води лісової зони)
Нейтральні	6,5...7,5	Наявність у водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Слаболужні	7,5...8,5	-
Лужні	8,5...9,5	Присутність Na_2CO_3 або NaHCO_3
Сильнолужні	>9.5	-

Можна виділити декілька етапів процесу закислення водних об'єктів:

1. рН практично не змінюється (іони бікарбонату встигають повністю нейтралізувати іони ОЦ). Так продовжується до тих пір, поки загальна лужність у водоймищі не впаде приблизно в 10 разів до величини менше 0,1 моль/л.

2. Закислення водоймища рН води зазвичай не піднімається вище 5,5 протягом всього року. На цьому етапі закислення відбуваються значні зміни у видовому складі живих організмів.

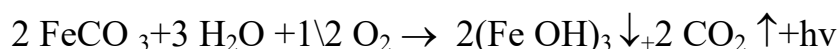
3. Закислення рН водойм стабілізується на значеннях рН<5 (значний рН – 4,5), навіть якщо атмосферні опади мають вищі значення рН

Класифікація природних вод по мінералізації приводиться в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Класифікація природних вод за мінералізацією

Категорія вод	Мінералізація, м\г	Солоність ‰
Ультрапрісні	<0,2	<0,2
Прісні	0,2-0,5	0,2-0,5
Води з підвищеною мінералізацією	0,5-1,0	0,5-1,0
Солонуваті	1,0-3,0	1,0-3,0
Солоні	3-10	3-10
Води підвищеної солоності	10-35	10-35
Розсоли	>35	>35

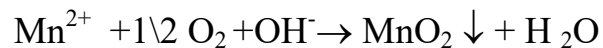
Головне джерело сполук заліза в поверхневих водах – процеси хімічного вивітрювання гірських порід, що супроводжуються їх механічним руйнуванням і розчиненням. Ферум присутнє у воді водоймищ найчастіше у вигляді розчинних закисних солей карбонатів $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ і FeCO_3 . У присутності кисню ці солі переходять в гідроксид заліза:



Реакція може проходити як хімічним шляхом так і під впливом мікроорганізмів. Основна форма 3Fe^{+2} в поверхневих водах це його комплекси з розчиненими неорганічними і органічними з'єднаннями, головним чином, гумусовими речовинами. Ферум є біологічно активним елементом і значно впливає на інтенсивність розвитку фітопланктону і видовий склад мікрофлори у водоймищі. Концентрація заліза змінюється в залежності від сезонів року.

Манган в природних умовах знаходиться переважно у вигляді оксидів, практично нерозчинних у воді. У поверхневі води надходить в результаті вилуговування феруммарганцевих руд і інших мінералів, що містять марганець (наприклад, піролюзит, псиломелан, брауніт, манганит, чорна охра). Значні кількості мангану потрапляють у водоймища в процесі розкладання гідробіонтів, особливо синьо-зелених, діатомових водоростей і вищих водних рослин. Сполуки мангану виносяться у водоймища із стічними водами марганцевих збагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості і з шахтними водами. Пониження концентрації іонів мангану в природних водах відбувається в

результаті реакції окислення:



Роль мангану для вищих рослин і водоростей полягає в утилізації CO_2 рослинами, що підвищує інтенсивність фотосинтезу; він бере участь в процесах відновлення нітратів і асиміляції азоту рослинами. Марганець сприяє переходу активного Fe^{2+} до Fe^{3+} , чим оберігає клітину від отруєння, прискорює зростання організмів і так далі.

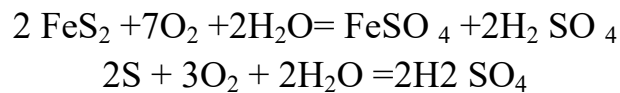
Купрум – один з найважливіших мікроелементів. Фізіологічна активність міді пов'язана з включенням її до складу активних центрів окислювально-відновних ферментів. Недостатній вміст міді в ґрунтах негативно впливає на синтез білків, жирів і вітамінів і сприяє безпліддю рослинних організмів. Купрум бере участь в процесі фотосинтезу і впливає на засвоєння азоту рослинами. Разом з тим, надмірні концентрації міді негативно впливають на водні організми. Основним джерелом надходження міді в природні води є стічні води різних підприємств, реагенти, використовувані для знищення водоростей. У природних водах найчастіше зустрічаються сполуки Cu^{2+} . Із сполук Cu^+ найбільш поширені важкорозчинні у воді Cu_2O , Cu_2S , CuCl . Вміст міді в природних водах коливається від 0,002 до 0,030 мг/л. Підвищені концентрації міді (до декількох грамів в літрі) характерні для кислих вод копалень.

Значне підвищення вмісту **плюмбуму** в навколишньому середовищі (у тому числі і в поверхневих водах) пов'язане із спалюванням вугілля, застосуванням тетраетилплюмбуму як антидетонатор в моторному паливі; з винесенням у водні об'єкти з промисловими стічними водами. Пониження концентрації відбувається в процесі адсорбції плюмбуму зваженими речовинами і осадження з ними в донні відкладення. Як і деякі інші метали, плюмбум може витягуватися і накопичуватися гідробіонтами. Плюмбум знаходиться в природних водах в розчиненому і завислому стані. В розчиненій формі зустрічається у вигляді мінеральних і органо мінеральних комплексів, а також простих іонів, в нерозчинній - у вигляді сульфідів, сульфатів і карбонатів. Плюмбум - промислова отрута, здатна за несприятливих умов виявитися причиною отруєння, володіє кумулятивними властивостями. Різні види гідробіонтів володіють неоднаковою стійкістю до дії на них токсичних речовин. Наприклад, сполуки плюмбуму викликають загибель планктонних рачків при

концентрації 0,5 мг/л, а риб – 10-150 мг/л.

Цинк також може потрапляти у водоймища природним і штучним шляхом. Головним чином цинк у воді існує в іонній формі і у формі його мінеральних і органічних комплексів. Іноді цинк зустрічається в нерозчинних формах: у вигляді гідроксиду, карбонату, сульфїду та інші. У річкових водах концентрація цинку зазвичай незначна і коливається від 0,003 до 0,120 мг/л. Цинк належить до активних мікроелементів, які впливають на зростання і нормальний розвиток організмів. В той же час сполуки цинку токсичні, перш за все, його сульфати і хлориди.

Головним джерелом надходження **сульфатів** в поверхневій водоймища є процеси вивітрювання і розчинення сірковмісних мінералів, в основному гіпсу, а також процеси окислення сульфїдів і сірки:



У великих кількостях сульфати містяться в шахтних водах і в стоках

Завдання: Засвоїти теоретичний матеріал та проаналізувати методики визначення вмісту в природних водах речовин, що впливають на її властивості.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть вплив зміни величини рН води на життєдіяльність водних організмів?
2. Чим обумовлені карбонатна і некарбонатна жорсткості води? Способи їх визначення і видалення. Одиниці вимірювання жорсткості, їх взаємозв'язок.
3. Що характеризує поняття "мінералізація води"? Які її одиниці вимірювання?
4. У яких формах зустрічається ферум, марганець та інші хімічні елементи в природних водах?
5. Перерахувати чинники, що впливають на присутність мангану та інших хімічних елементів в природних водах.
6. Який вплив мають сполуки заліза, мангану, міді, цинку і плюмбуму на внутрішньоводоймні процеси?
7. Поясніть механізми перетворення сполук мангану в аеробних і анаеробних умовах.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Тема: «РОЗРАХУНОК РОЗБАВЛЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВОДНОГО ОБ'ЄКТА У ЗОНІ СКИДІВ ТЕХНОГЕННОГО СТАЦІОНАРНОГО ДЖЕРЕЛА»

Мета роботи : засвоїти методику та набути практичних навичок розрахунку і моделювання процесу розбавлення стічних вод у воді водного об'єкта.

Теоретичні відомості

Усі водні об'єкти можна розділити на два типи: протічні (водотоки) та непротічні (водойми).

Основною метою класифікації водних об'єктів є встановлення категорій і класів водойм та водотоків за їх природними особливостями.

В основу розподілу водних об'єктів (водотоків і водойм) покладені режимні і морфометричні особливості цих об'єктів. Критеріями для них виступають типові для них ознаки, які безпосередньо визначають умови формування якості і кількості води в них.

Для водотоків (річки, канали, струмки, ручаї тощо) використовують такі характеристики: географічна зона, пора року, період дії водотоку, характер межені періоду, наявність пересихання, перемерзання, льодоставу, площа водозбору, витрати води, швидкість течії, коливання рівня води, температура води.

Для водойм (озера, ставки, водосховища) використовують такі характеристики: площа дзеркала, об'єм, максимальна глибина, коливання рівня, температура води, тривалість льодоставу, водообмін, вертикальна циркуляція, стратифікація. Зауважимо, що створення водосховищ на річках викликає в них зміну гідрохімічного режиму і якості води в них у порівнянні з водою річки, на якій вони споруджені.

Забруднення води може відбуватися такими шляхами: при скиді стічних вод (зливних стоків); при проходженні води через забруднення (мінералізовані) ділянки землі (грунту); при випадінні забруднюючих речовин із атмосфери.

Усі джерела скидів стоків можна розподілити (умовно) на такі види: промислові, сільськогосподарські, соціально-побутові, природні.

Джерела забруднення водних об'єктів можна розрізнити за їх типами: стаціонарні, нестаціонарні, організовані, неорганізовані, постійні, сезонні.

Зона активного забруднення - це та частина водного середовища, в якій при надходженні домішок порушуються природні біохімічні або біологічні

процеси, а концентрація цієї домішки перевищує нормативно-санітарні чи іншим показники.

Зона впливу – це частина водного середовища, в яку потрапляють стічні води із зони активного забруднення або ж безпосередньо із скиду стічних вод, але в якій внаслідок невисокої концентрації домішки або ж короткочасності забруднення в ній зберігається природний характер біологічних і біохімічних процесів.

Проте, незважаючи на те, що в середньому концентрація домішки в цій зоні не перевищує ПДК (норму), в ньому можуть спостерігатися окремі локальні об'єми порівняно сильно забрудненої води.

Небезпека забруднення водного середовища – це ступінь вірогідності перевищення природного чи санітарно допустимого рівня вмісту речовин у воді.

Мінералізація води – вміст у воді мінеральних речовин у розчиненому вигляді.

Розглянемо процес водообміну у непроточній водоймі водного середовища. У загальному випадку водойми живляться за рахунок притоку води. Так, у випадку водосховища – за рахунок рік, на яких вони створені.

Між середньою мінералізацією води у водоймі C_v і мінералізацією води в річці притоку C_p , яка її живить, при будь-якому водообміні (n) існує залежність

$$C_v / C_p = 0,99 - 0,26 / n \quad (3.1)$$

Це дозволяє розрахувати очікувану мінералізацію водосховища для заданих значень C_v і n .

Мінералізація води є основним показником якості води. Основний вплив на показник мінералізації води здійснюється за рахунок кратності K_v водообміну (інтенсивності, ступіня проточності) у водоймі

$$K_v = Q_v / Q_c \quad (3.2)$$

де Q_v – об'єм водосховища;
 Q_c - річний стік (притік) води.

Тому чим більша кратність K_v водообміну ($K_v \gg 1$), тим менші зміни в режимі мінералізації водного об'єкта відносно води рік, що живлять цю водойму.

Якість води в різних водних об'єктах (річках, водоймах, водосховищах, морях і т. д.) залежить від типу водного об'єкта, його гідрологічного режиму, а також виду і об'єму надходження стічних вод та домішок. Зауважимо, що зміна якості води у водосховищі обумовлена як

коливаннями водного режиму, так і біологічними внутрішніми процесами цієї водойми.

Поширення домішки у воді (поширення в просторі і часі, перенесення на деяку відстань) в зоні скидів техногенного джерела відбувається відповідно до законів матеріального світу залежно від чинників, що впливають на перенесення домішки в зоні джерела забруднення води. Усі умови впливу можна умовно розділити на декілька груп факторів впливу: параметри джерела; параметри стічних вод; параметри вод водойми.

Розглянемо процес розбавлення стічних вод у непроточній водоймі водного середовища.

Розбавлення – це процес зменшення вмісту домішки у водному об'єкті (водоймі, річці і т. д.) з віддаленістю від місця випуску стоків, викликаний перемішуванням стічних вод із водним середовищем, в яке вони випускаються.

Для водойм кратність розбавлення стоків розраховуються за формулою

$$n_g = (K_c Q_g + Q_c) / Q_c, \quad (3.3)$$

де K_c – коефіцієнт змішування;

Q_g – об'єм водойми;

Q_c – об'єм стоку.

Зрозуміло, що в місці випуску кратність розбавлення дорівнює одиниці ($n_g = 1$). З віддаленням від місця випуску в розбавленні стоку бере участь все більший об'єм води даної водойми, і кратність розбавлення збільшується.

У граничному випадку, коли в процесі розбавлення бере участь весь можливий для даної водойми об'єм води, настає повне перемішування стічних вод з водою цієї водойми.

Показник кратності розбавлення об'єму стоку в об'ємі водойми є універсальною характеристикою. Він показує, у скільки разів у розрахунковому створі збільшився об'єм води, що бере участь у розбавленні стоку, стосовно первинного об'єму стічних вод.

Об'єм води – це абсолютна іменована фізична величина, тобто результат виміру чи розрахунку.

Кратність – відносний показник, тобто результат співвідношення двох величин, тому він є безрозмірним (відноstim). Це екстенсивний показник характеристики відношення частини сукупності до чисельності всієї сукупності. Він характеризує рівень явища кількісно з точки зору участі

об'ємів стоку і водойми.

Вміст домішки у воді визначається концентрацією.

Концентрація конкретної забруднюючої речовини у стічних водах і у воді водойми, як правило, відрізняється. Від її величини залежить швидкість зниження вмісту домішки у воді.

Тому, крім кратності розбавлення стоків, процес розбавлення характеризується ще й показником інтенсивності процесу розбавлення стічних вод.

Інтенсивність процесу розбавлення стічних вод у водоймищі без течії кількісно характеризується показником інтенсивності розбавлення за формулою:

$$n_{ec} = \frac{C_c - C_v}{C_n - C_v}, \quad (3.4)$$

де C_c - концентрація конкретної забруднюючої речовини у стічних водах, $г/м^3$;

C_v - концентрація даної речовини у водоймищі до випуску стоків, $г/м^3$;

C_n - концентрація даної речовини в розрахунковому перетині нижче місця випуску стоків, $г/м^3$.

Інтенсивність процесу розбавлення стічних вод у водоймищі характеризує, як знизилася концентрація даної речовини у водоймищі в розрахунковому створі стосовно її концентрації у стічній воді.

Концентрація речовини у воді – це якісний іменований показник фізичної величини.

Інтенсивність – відносна величина, результат співвідношення двох величин, що характеризує відношення чисельності однієї самостійної сукупності до чисельності іншої теж самостійної сукупності. Він характеризує рівень поширення явища (якості, швидкості перебігу процесу) в середовищі кількісно з точки зору впливу концентрації стоку і водойми.

Розглянемо тепер процес розбавлення стічних вод у проточному водному середовищі.

При моделюванні процесу розбавлення стічних вод у проточному водному середовищі (потоці, річці, каналі), кратність розбавлення стоків в річці обчислюється за формулою

$$n_p = \frac{K_c Q_p + Q_c}{Q_c}, \quad (3.5)$$

де Q_p - річкова витрата, 95% забезпеченості, $м^3/с$;

Q_c - витрата стоків, $м^3/с$;

K_c - коефіцієнт змішування.

Цей показник характеризує, у скільки разів у створі річки на деякій відстані від місця випуску нижче за течією збільшився об'єм води, що

бере участь у розбавленні стоку, у порівнянні з первинним об'ємом стічних вод.

У загальному випадку інтенсивність процесу розбавлення стічних вод в річці кількісно характеризується показником інтенсивності розбавлення за формулою:

$$n_{pc} = \frac{C_c - C_p}{C_m - C_p}, \quad (3.6)$$

де C_c - концентрація конкретної речовини в стоці, г/м³;

C_p - концентрація цієї речовини в річці в місці випускання стоку, г/куб.м;

C_m - максимально можлива концентрація даної речовини в розрахунковому створі річки, г/ м³.

Інтенсивність процесу розбавлення стічних вод у потоці характеризує зниження концентрації даної речовини у розрахунковому створі на деякій відстані від місця випуску нижче за течією відносно її концентрації у стічній воді.

Отже, під розбавленням води розуміють процес зниження концентрації домішки, який входить до складу стічних вод, за рахунок перемішування з водою водного об'єкта.

Облік розбавляючої спроможності водного середовища базується на гідрологічних даних водного об'єкта та на його самоочищувальній здатності, дозволяє встановити режим скиду забруднюючих стоків у цю водойму та оцінити допустиму кількість стоків (критичне екологічне навантаження). При цьому враховують також природний стік та хімічний склад як водного середовища, так і стічних вод.

Коефіцієнт перемішування води стоку з водою водного об'єкта (водойми, водотоку) показує, яка частина об'єму води водойми чи витрати води річки перемішується із стічними водами.

Він розраховується у тому випадку, коли стічні води у розрахунковому створі розповсюджуються не по всій ширині.

Коефіцієнт перемішування визначається за виразом

$$K_3 = \frac{1 - e^{-k\sqrt{L}}}{1 + \frac{Q_B}{Q_C} e^{-k\sqrt{L}}} \quad (3.7)$$

$$\text{або } K_{II} = [1 - \exp(-k\sqrt{L})] / [1 + \frac{Q_B}{Q_C} \exp(-k\sqrt{L})],$$

де Q_B – об'єм води у водоймі або витрати води в річці;

Q_c – об'єм (витрати) стічних вод;

L – довжина русла по фарватеру від випуску стоків до розрахункового створу;

K – коефіцієнт гідроумов перемішування;

$e = 2,71$.

Коефіцієнт гідроумов визначається за виразом

$$K = K_M K_p \sqrt[3]{D_T / Q_c}, \quad (3.8)$$

де K_M – коефіцієнт урахування місцеположення випуску стічних вод у водне середовище (для берегового випуску $K_M = 1$, а для випуску у створі русла $K_M = 1,5$);

K_p – коефіцієнт звивистості русла;

D_T – коефіцієнт турбулентної дифузії;

Q_c – об'єм (витрати) стоку.

Коефіцієнт звивистості русла визначається відношенням

$$K_p = L / L_m, \quad (3.9)$$

де L – довжина русла по фарватеру від місця випуску до розрахункового створа;

L_m – мінімальна відстань по прямій між цими створами.

Для водойм кратність n розбавлення і коефіцієнт K_n перемішування між собою пов'язані залежністю:

$$K_n = (n - 1) Q_c / Q_v. \quad (3.10)$$

Період повного обміну води у водоймі, необхідний для повного перемішування стічних вод з водою всього об'єму водоймища, розраховується за формулою:

$$T_e = Q_e / (Q_e + Q_c - Q_n), \quad (3.11)$$

де Q_e – об'єм водойми (витрати води в річці);

Q_c – об'єм стоку (витрати води в річці);

Q_n – втрати об'єму води без винесення домішки.

Завдання: розрахувати показники розбавлення стічних вод у воді водойми в зоні скидів стаціонарного джерела.

Виписати вихідні параметри досліджуваного локального поверхневого водного об'єкта – річки (табл.3.1) та концентрації забруднюючої речовини ЗР у заданих створах (табл.3.2) згідно з варіантом завдання та відповідно до нижченаведеної схеми.

Найменування речовини	Місце створа	Витрати стічних вод Q_c , куб.м/с	Витрати води у створі річки Q_p , куб.м/с	Концентрація забруднюючої речовини, г/куб.м		
				у стоці	створ вище	створ нижче

--	--	--	--	--	--	--

1. Розрахувати коефіцієнт K_3 перемішування на відстані 200 м нижче місця випуску стоків (формули 3.7 - 3.9). Коефіцієнт дифузії $D_p = 8 \cdot 10^5$ м²/добу.

2. Розрахувати кратність розбавлення n_p стоків у розрахунковому створі річки (ф. 3. 5).

3. Розрахувати інтенсивності розбавлення n_{pc} стоків у розрахунковому створі річки за умови $C_m = C_n$ (ф.3.6).

4. Розрахувати показник співвідношення K_c (ф.3.10).

5. Розрахувати період повного обміну води T_e (ф.3.11).

6. Стисло проаналізувати одержані результати.

Сформулювати короткі висновки за результатами даної роботи.

Результати оформити згідно з рекомендаціями табл. 3.3.

Таблиця 3.1 - Варіанти задання вихідних параметрів поверхневого водного об'єкта

№ варіанта	Витрати стічних вод Q_c , м ³ /с	Витрати води у створі річки Q_p , м ³ /с
1	0.048	20.7
2	0.05	20.71
3	0.049	20.72
4	0.035	20.73
5	0.034	20.74
6	0.03	20.75
7	0.04	20.76
8	0.041	20.77
9	0.042	20.78
10	0.044	20.79

Таблиця 3.2 - Варіанти завдання вихідних даних концентрації C забруднюючої речовини у стічній воді (стік), вище місця випускання на 200м (вище), нижче місця випускання на 200 м (нижче)

№ варіанта	Найменування речовини	Місце створа	Концентрація забруднюючої речовини С, г/куб.м				
			1	2	3	4	5
1	Азот	стік	4.5	6.3	11.6	26.1	42.1
		вище	2.8	2.6	2.1	4.9	4.4
		нижче	2.9	2.7	2.9	5.7	5.8
2	Фториди	стік	7.8	7.3	9.1	12.2	20.4
		вище	0.46	0.46	0.47	0.6	0.6
		нище	0.47	0.48	0.49	0.7	0.8
3	Хлориди	стік	348	338	422	565	517
		вище	28.7	30.2	36.6	51.1	34.9
		нижче	28.9	35.3	36.9	62.4	38.8
4	Сульфати	стік	57.7	51.6	678	356	901
		вище	56.4	55.3	54.3	67.1	77.2
		нижче	56.5	56.9	55.9	75.1	83.2
5	БПКп	стік	60	52	57	38	58
		вище	5.6	5.1	5.7	6.8	5.7
		нижче	5.7	5.2	5.9	8.1	6.4

Таблиця 3.3 – Рекомендована схема оформлення результатів розрахунку

Найменування ЗР	Місце створа	Коефіцієнт перемішування К	Кратність розбавлення n_p	Інтенсивність, n_{pc}	K_c
	200 м нижче випуску стоку				

Питання для самоперевірки

1. Що таке «гідросфера»?
2. Що таке «забруднення водою»?
3. Що таке «рівень забруднення водного середовища»?
4. Що таке «зона забруднення водного об'єкта»?
5. Що таке «витрати води»?
6. Що таке «стічні води»?
7. Що таке «стік води»?
8. Що таке «джерело забруднення водного середовища»?
9. Перелічити види джерел забруднення водного середовища.
10. Перелічити фактори впливу на поширення забруднюючих

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Тема: «РОЗРАХУНОК ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВОДІ ВОДНОГО ОБ'ЄКТА У ЗОНІ СКИДІВ ТЕХНОГЕННОГО СТАЦІОНАРНОГО ДЖЕРЕЛА»

Мета: засвоїти методику та набути практичних навичок розрахунку факторів впливу на процес поширення домішок у воді водного об'єкта.

Теоретичні відомості

Розглянемо характеристики водойми, які найбільш значною мірою впливають на поширення домішок у воді водного об'єкта в зоні скидів стаціонарного джерела.

В озерах і водосховищах на процеси перемішування впливають гідрологічні і метеорологічні умови. Тому для оцінки перемішування стічних вод необхідно виконувати розрахунки вітрових течій, враховувати мінливість гідрологічних величин і гідроелементів, підлеглих впливу коливання вітру над водою.

Найбільш характерні умови розбавлення при швидкості вітру різної забезпеченості (Р) наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Найбільш характерні умови розбавлення при швидкості вітру різної забезпеченості (Р)

Умови перемішування	Забезпеченість швидкості вітру Р, %
Сприятливі	1
Середні	50
Несприятливі	90

Перехід від швидкості вітру на суші (W_c) на висоті 10 м над водною поверхнею (W_v) здійснюється за графіком (рис.4.1).

Для визначення середньої швидкості вітру над водою рекомендується спеціальна номограма (рис.4.2) або виконують розрахунок за наближеною залежністю

$$W_{bc} = K_c W_2 \sqrt{3 + 10h}, \quad (4.1)$$

де K_c – коефіцієнт обліку схилу поверхні;

W_2 – швидкість вітру на висоті 2 м над водою, м/с;

h - середня висота хвилі 1% забезпеченості в даній системі хвиль для даної ділянки, м.

За відсутності номограми (рис.4.2) і необхідних початкових даних можна для наближеного розрахунку використовувати такий підхід. Для переведення швидкості вітру над сушею W_c на висоті 10 м в швидкість вітру W_2 над водою на висоті 2 м вводиться коефіцієнт переведення ($K_w=0,85$), тобто

$$W_2 = K_w W_c = 0,85 W_c . \quad (4.2)$$

Коефіцієнт схилу обчислюється за формулою

$$K_c = W_{BT} / \sqrt{H_{\text{ср}} Y} , \quad (4.3)$$

де W_{BT} – середня швидкість течії, м/с;

$H_{\text{ср}}$ - середня глибина, м;

Y – схил водної поверхні, ‰.

Схил розраховується із співвідношення падіння висоти Δh дна русла над рівнем моря ($\Delta h=h_k-h_{\text{п}}$) вздовж 1 км досліджуваної ділянки

$$Y = \Delta h / 1000 . \quad (4.4)$$

Значення K_c і K_b пов'язані між собою залежністю (табл.4.2).

Таблиця 4.2 - Значення K_b залежно від значень K_c

K_c	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
K_b	10	18	27	34	42	50	55	60	64	68

За відсутності даних про схили обчислюється коефіцієнт K_{cx} :

$$K_{cx} = 33(H_{\text{ср}} / d_{\text{е}})^{\frac{1}{3}} = 33 \sqrt[3]{\frac{H_{\text{ср}}}{d_{\text{е}}}} , \quad (4.5)$$

де $d_{\text{е}}$ – ефективність діаметра частинок даних відкладень, мм;

$H_{\text{ср}}$ – середня глибина русла, м.

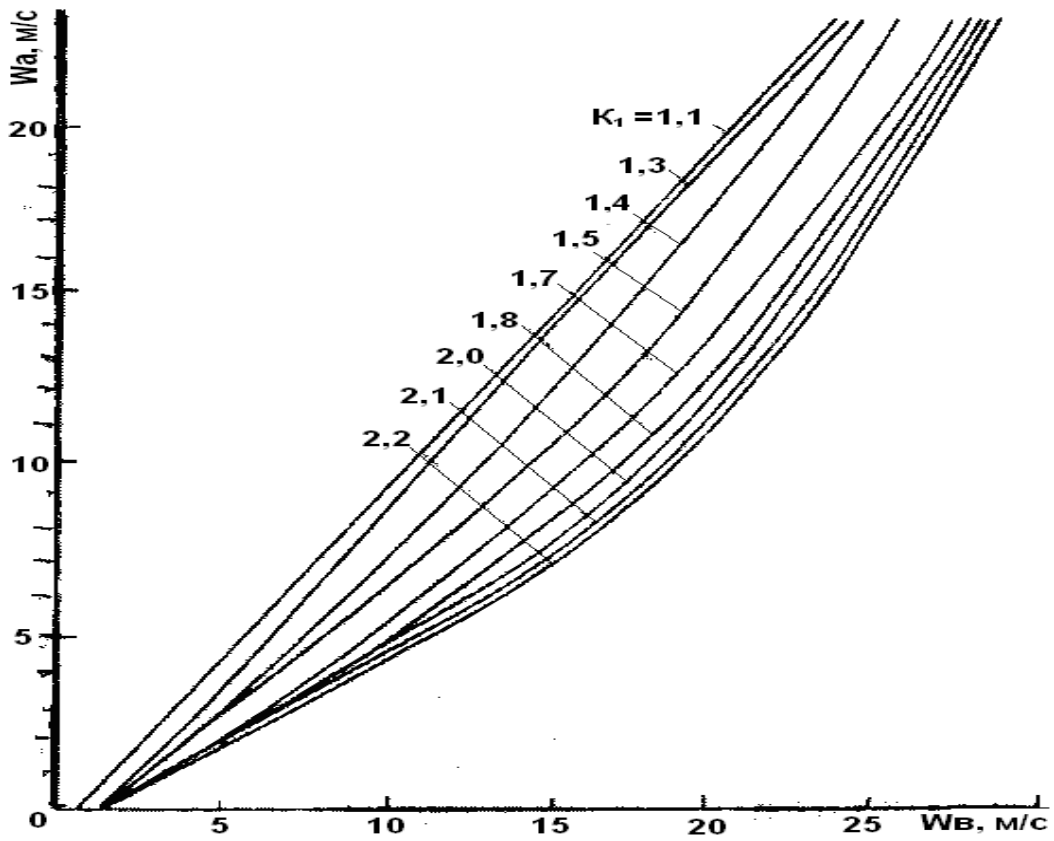


Рисунок 4.1 – Графік зв'язку швидкості вітру над водою W_a і на метеостанції на суші W_b на висоті флюгера 10 м

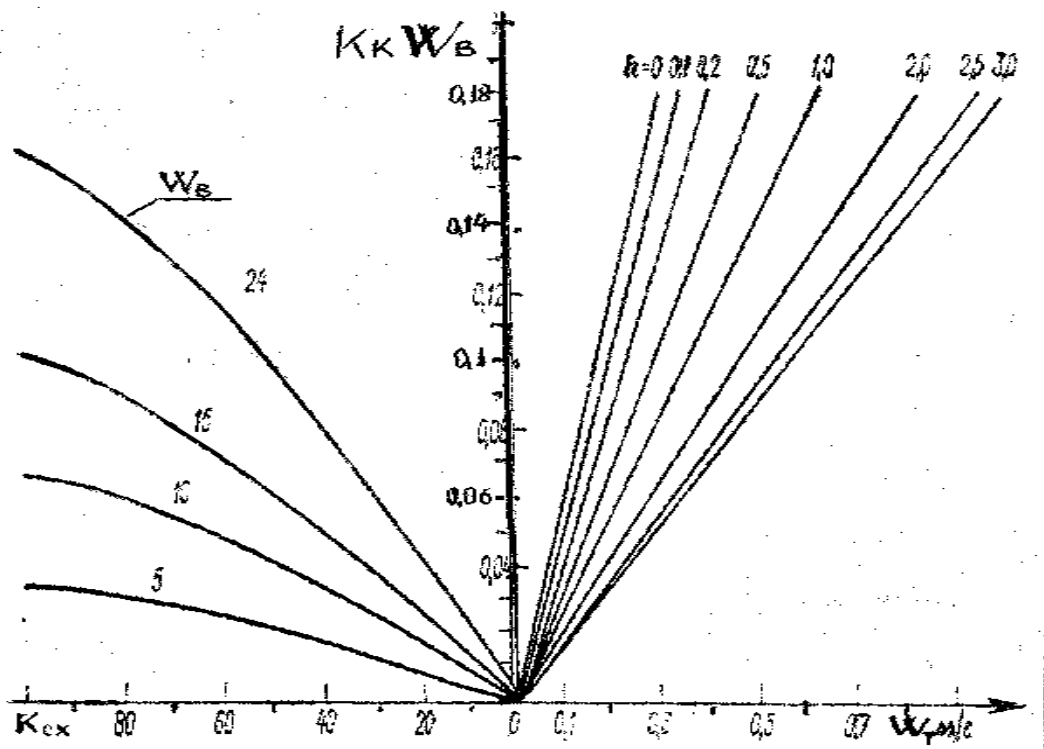


Рисунок 4.2 - Номограма для визначення вітрової швидкості W_c

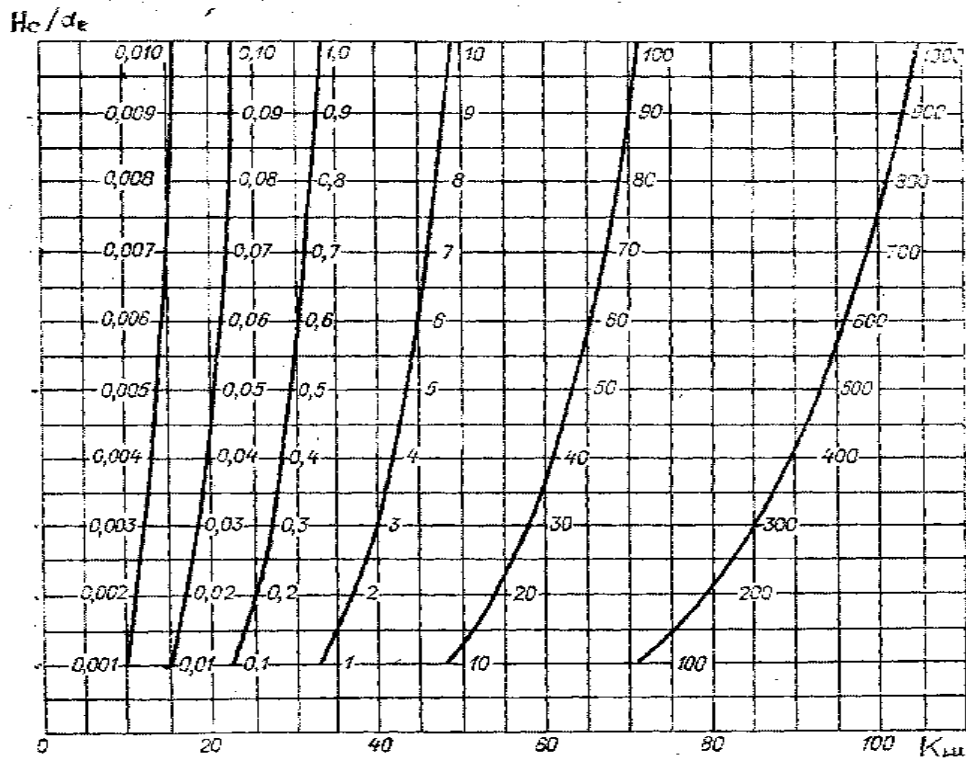


Рисунок 4.3 - Номограма для визначення $K_{cx} = f\left(\frac{H_{сп}}{d_p}\right)$

Для водойм звичайно маємо $10 \leq K_{cx} \leq 60$.

Функція коефіцієнта схилу визначається величиною:

$$f_{cx} = 6 + 0,7 K_{cx} . \quad (4.6)$$

Коефіцієнт турбулентної дифузії є основним параметром при розрахунку перемішування.

За умови слабого вітрового хвилювання він обчислюється за формулою:

$$D_b = g H_c W_c / f_{ш} K_{ш} , \quad (4.7)$$

де H_c – середня глибина водоймища, м;

W_c – середня швидкість хвилі на ділянці, м/с;

$g = 9,81$ м/с – коефіцієнт вільного падіння.

Коефіцієнт турбулентної дифузії за наявності хвилювання обчислюється за формулою

$$D = \frac{(W_\phi h + \pi W_c^2 H_c)^2 \sqrt{d_p}}{b \sqrt{H}} , \quad (4.8)$$

де W_ϕ - фазова швидкість хвиль, м/с;

W_c^2 - середнє по вертикалі значення абсолютної величини переносної швидкості, м/с;

h - висота хвилі 1% забезпеченості, м;

H_c - середня глибина водоймища на ділянці (рекомендується для глибин $H > 60$ м), м;

d_e - ефективний діаметр частинок донних відкладень, м;

$b = 700 - \text{const}$;

$\pi = 3,14 - \text{const}$.

Фазова швидкість хвилі обчислюється за формулою

$$W_{\phi} = \sqrt{gL/2\pi} \quad \text{при } H > 0,5 L, \quad (2.9)$$

де L – довжина хвилі, м;

$g = 9,81 - \text{const}$;

$\pi = 3,14 - \text{const}$.

Або фазова швидкість хвилі обчислюється за формулою:

$$W_{\phi} = \sqrt{g(H+h)} \quad \text{при } H < 0,5 L, \quad (4.10)$$

де h - довжина хвилі 1% забезпеченості, м;

H – глибина водоймища, м.

Розглянемо характеристики потоку, що впливають на перемішування стоків у річці. Так, для розрахунку турбулентного перемішування в річках важливий показник витрати води.

Як розрахункову витрату звичайно беруть мінімальну витрату 95% забезпеченості.

Відповідно до розрахункової витрати ($Q, \text{м}^3/\text{с}$) визначаються: площа живого перетину ($S, \text{м}^2$), середня швидкість течії ($V, \text{м}/\text{с}$), схил водної поверхні ($U, \text{‰}$), середня ширина ($B, \text{м}$), середня глибина потоку ($H_c, \text{м}$).

За наявності змінних схилів обчислюється коефіцієнт схилу K_{cx} за формулою:

$$K_{cx} = W_p / \sqrt{UH_p}, \quad (4.11)$$

де W_p – середня швидкість перебігу потоку (річки);

H_p - середня глибина;

U – схил водної поверхні.

Коефіцієнт шорсткості ($K_{шр}$) дна річки обчислюється за формулою

$$K_{шр} = 33 (H_p / d_e)^{1/3}, \quad (4.12)$$

де H_p - середня глибина;

d_e - ефективний діаметр частинок донних відкладень.

Для річки звичайно маємо $K_{шр} > 60$.

Коефіцієнт турбулентної дифузії потоку розраховується за формулою:

$$D_p = \frac{g H_c W_c}{f_{cx} K_{cx}}, \quad (4.13)$$

де W_c – середнє значення швидкості течії на ділянці поширення забруднюючих речовин, м/с;

H_c – середня глибина на розрахунковій ділянці, м;

K_{cx} – коефіцієнт схилу;

f_{cx} – функція коефіцієнта схилу;

$g = 9,81$ м/с – коефіцієнт вільного падіння.

Функція схилу f_{cx} в інтервалі $10 \leq K_{cx} \leq 60$ дорівнює

$$f_{cx} = 6 + 0,7 K_{cx}. \quad (4.14)$$

При $K_{cx} > 60$ він дорівнює $f_{cx} = 48$ (const).

Коефіцієнт турбулентної дифузії є основним параметром при розрахунку перемішування в потоках рік.

Суттєвим моментом є урахування поперечної швидкості потоку. Для обліку поперечної циркуляції K_z і мінливості глибин K_t на даній ділянці вводиться загальний поправковий коефіцієнт $K_{заг}$ у формулу коефіцієнта турбулентної дифузії

$$D_{псп} = K_{заг} D. \quad (4.15)$$

Поперечна швидкість ($W_{z,cp}$) перебігу потоку (внутрішньої циркуляції в потоці) відіграє важливу роль у розрахунку розбавлення стічних вод у річках. Вона приводить до інтенсифікації процесу перемішування.

Середнє значення поперечної швидкості по вертикалі рекомендується обчислювати за формулою

$$W_{z,cp} = 0,13 N_T \frac{H_c}{r_p} W_x, \quad (4.16)$$

де H_c – середня глибина потоку для всієї ділянки, м;

W_x – середнє значення поздовжньої швидкості течії, м/с;

r_p – радіус кривизни русла нижче місця випуску, м;

N_T – параметр турбулентного потоку.

Параметр турбулентності потоку визначається відношенням

$$N_T = f_{cx} K_{cx} / g. \quad (4.17)$$

Значення f_{cx} і N_T залежно від K_{cx} можна визначити за даними таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Значення f_{cx} і N_T залежно від K_{cx}

K_{cx}	10	15	20	25	30	35	40
f_{cx}	13	16.5	20.5	23.5	27	30.5	34

N _T	13.3	25.2	40.8	59.9	82.6	108	139
----------------	------	------	------	------	------	-----	-----

K _{сх}	40	45	50	55	60	65	70
f _{сх}	34	37.5	41	44.5	48	48	48
N _T	139	172	209	249	294	318	343

Вплив W_z можна враховувати безпосередньо або шляхом введення поправкового множника K_z до коефіцієнта турбулентності D . Величина K_z є функцією відношення

$$K_z = (W_z + W_{п}) / W_{п} , \quad (4.18)$$

де $W_{п}$ - середнє значення поперечної пульсаційної швидкості потоку, м/с.

Середнє значення абсолютної величини поперечної складової пульсаційної швидкості ($W_{п}$) визначається за формулою

$$W_{п} = W_x / \sqrt{N_T} , \quad (4.19)$$

де W_x - середнє значення поздовжньої швидкості потоку, м/с.

Окрім поперечної циркуляції потоку, на інтенсивність перемішування значно впливає нерівномірний розподіл глибин на ділянці.

Мінливість глибин на досліджуваній довжині русла річки підсилює кінематичну неоднорідність потоку і є одним із суттєвих чинників посилення турбулентності водних мас.

Урахування цього чинника здійснюється шляхом введення коефіцієнта K_T турбулентної дифузії.

Коефіцієнт турбулентності потоку дорівнює

$$K_T = (H_{\text{макс.ср}} - H_c) / H_c , \quad (4.20)$$

де $H_{\text{макс.ср}}$ – максимальна з середніх глибин на досліджуваній ділянці, м;

H_c – середня глибина для всієї ділянки, м.

Для кількісного визначення K_z і K_T можна використовувати графік (рис.4.4) або виконати розрахунок за такою залежністю:

$$K_{\text{заг}} = f(K_z; K_T) = f\left(\frac{W_z, \text{ср} + W_x}{W_{п}}; \frac{H_{\text{макс}} - H_c}{H_c}\right) . \quad (4.21)$$

Виправлений коефіцієнт турбулентної дифузії (Двип), що сумарно характеризує умови перемішування в річковому потоці з урахуванням

поперечної циркуляції (K_z) потоку і мінливості глибин на ділянці, дорівнює величині

$$D_{\text{вип}} = K_{\text{заг}} g H_c W_c / f_{\text{ух}} K_{\text{ух}} . \quad (4.22)$$

Таким чином, викладені вище науково-теоретичні положення дозволяють виконати поставлене завдання, а саме: розрахувати показники і провести аналіз процесу розбавлення стічних вод у воді водного об'єкта у зоні скидів техногенного стаціонарного джерела.

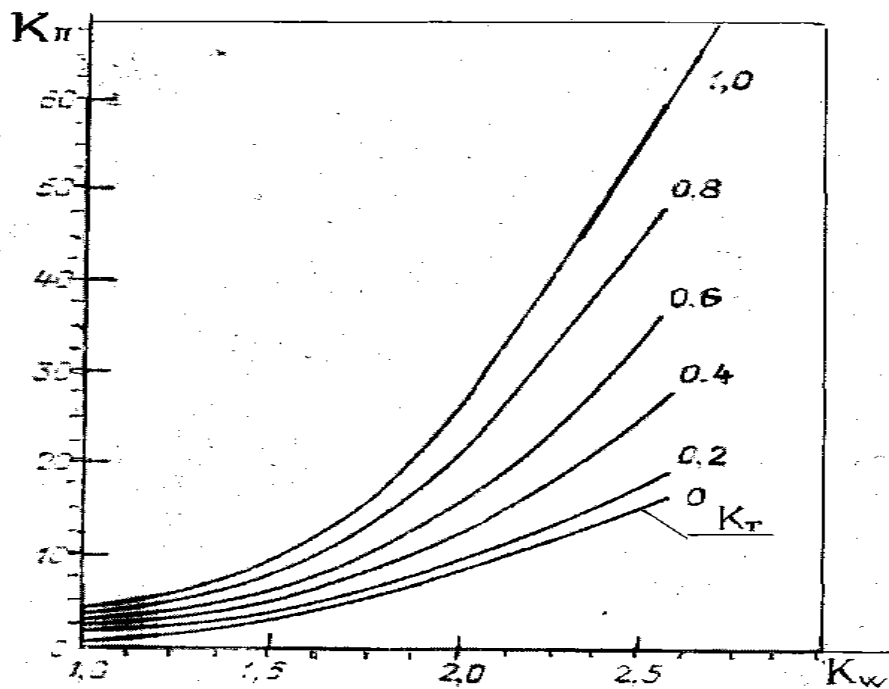


Рисунок 4.4 - Номограма для визначення $K_{\text{заг}} = f(K_z, K_t)$

Завдання Виписати вихідні параметри досліджуваного водного об'єкта (табл.4.4) згідно з варіантом завдання та відповідно до нижченаведеної схеми.

Найменування ЗР	Місце створа	Глибина русла Н, м	Водойма		Річка	
			схил У, ‰	швидкість течії $W_{\text{вт}}$, м/с	схил У, ‰	швидкість течії $W_{\text{вт}}$, м/с

Розрахувати коефіцієнт схилу K_c (формула 4.3).

Визначити коефіцієнт $K_{\text{сх}}$ (табл. 4.3).

Розрахувати функцію $f_{\text{сх}}$ схилу дна русла (формула 4.6).

Розрахувати функцію схилу $f_{\text{сх}}$ водної поверхні (ф. 4.14).

Розрахувати коефіцієнт турбулентної дифузії D_v для водойми (формули 4.7, 4.8).

Розрахувати коефіцієнт турбулентної дифузії D_p для ріки (формула 4.13)

Розрахувати загальний поправковий коефіцієнт $K_{заг}$ (формули 2.16 - 4.21).

Розрахувати уточнений коефіцієнт турбулентної дифузії D (формула 4.22).

Результати розрахунку оформити згідно з нижченаведеною схемою.

ЗР	Місце створа	Водойма			Річка		
		K_{cx}	f_{cx}	D_v	K_{cx}	f_{cx}	D_p

Питання для самоперевірки

1. Коефіцієнт жорсткості дна русла (формула).
2. Функція коефіцієнта жорсткості дна русла (формула).
3. Коефіцієнт схилу водної поверхні русла (формула).
4. Функція коефіцієнта схилу водної поверхні русла (формула).
5. Коефіцієнт турбулентної дифузії водойми без хвиль (формула).
6. Коефіцієнт турбулентної дифузії водойми з хвилями (формула).
7. Коефіцієнт турбулентної дифузії річки без хвиль (формула).
8. Коефіцієнт турбулентної дифузії річки з хвилями (формула).
9. Перелічити фактори впливу на поширення забруднюючих речовин у воді водного об'єкта.
10. Перелічити фактори впливу на поширення забруднюючих речовин у воді водного об'єкта.
11. Перелічити фактори впливу на перенесення забруднюючих речовин у воді водного об'єкта.
12. Перелічити види джерел забруднення водного середовища.
13. Перелічити шляхи надходження забруднюючих речовин у водне середовище.
14. Класифікація водних об'єктів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

ТЕМА: « ОЦІНКА СТАНУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА У ЗОНІ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ»

Мета роботи: засвоїти методичні основи та набути практичних навичок оцінювання стану водного середовища в зоні екологічного навантаження.

Теоретичні відомості

Оцінка екологічного стану забруднення води окремою речовиною здійснюється за допомогою розрахунку простого індексу (коефіцієнта) забруднення

$$K_i = C_i / \text{ГДК}_i, \quad (5.1)$$

де C_i – вміст (фактична чи розрахункова величина концентрації) i -ї домішки у воді;

ГДК_i – гранично допустима концентрація цієї речовини.

Безпечний стан водного басейну забезпечується виконанням санітарно-гігієнічної вимоги

$$K_i \leq 1; C_i \leq \text{ГДК}_i. \quad (5.2)$$

При цьому, якщо фактичний рівень вмісту окремої домішки не перевищує її гігієнічного нормативу ($C \leq \text{ГДК}$), то значення показника дорівнює 1 ($K_c = 1$). В інших випадках він дорівнює кратності перевищення ГДК.

Для групи параметрів величина показника визначається сумою кратностей перевищення ГДК відповідно тільки для чотирьох ознак шкідливості, що лімітують: загальносанітарного, санітарно-токсичного, органолептичного, епідеміологічного.

У разі наявності одночасно суміші кількох N речовин показник (індекс) забруднення води розраховується за формулою

$$I_e = 1 + \sum (K_i - 1); i = 1, N, \quad (5.3)$$

де K_i – коефіцієнт забруднення води для i -ї домішки;

N – кількість речовин, які одночасно сумісно наявні у воді.

Для забезпечення безпечного стану водного басейну рівень його забруднення групою речовин повинен задовольняти умову

$$\sum (C_i / \text{ГДК}_i) \leq 1, \quad i = 1, N. \quad (5.4)$$

Індекс екологічного стану водного середовища грубо оцінює рівень забруднення води і тому має обмежене застосування тільки для оцінки стану в першому наближенні за наявності забруднення, тобто за умови $C_i > ГДК_i$.

Завдання: розрахувати індекси екологічного стану водного середовища в зоні екологічного навантаження. Виписати вихідні дані досліджуваного локального поверхневого водного об'єкта (табл.5.1) згідно з варіантом завдання та відповідно до нижченаведеної схеми.

Найменування речовини	ГДК	Концентрація забруднюючої речовини, г/м ³		
		у стічній воді C_c	у створі вище випускання стоків C_o	у створі нижче випускання стоків C_i

Розрахувати індекс забруднення води окремою (досліджуваною) речовиною (формула 5.1), перевірити умову забезпечення екологічно безпечного стану водного об'єкта (формула 5.2). Розрахувати показник забруднення води сумішшю речовин (формула 5.3), перевірити умову забезпечення екологічно безпечного стану водного об'єкта (формула 5.4), визначити ступінь забруднення водного басейну (табл.6.2).

Результати оформити згідно нижченаведеної схеми.

Найменування забруднюючої речовини	Коефіцієнт забруднення стоку K_c	Коефіцієнт забруднення водного об'єкта у створі вище випускання стоків K_o	Коефіцієнт забруднення водного об'єкта у створі нижче випускання стоків K_i

Таблиця 5.1 - Варіанти задання вихідних даних

№ варіанта	Найменування речовини	ГДК, г/м ³	Місце створа	Концентрація забруднюючої речовини C , г/куб.м				
				1	2	3	4	5

1	Азот	0,5	стік	4.5	6.3	11.6	26.1	42.1
			вище	2.8	2.6	2.1	4.9	4.4
2	Фториди	0,75	стік	7.8	7.3	9.1	12.2	20.4
			вище	0.46	0.46	0.47	0.6	0.6
3	Хлориди	50	стік	348	338	422	565	517
			вище	28.7	30.2	36.6	51.1	34.9
4	Сульфати	50	стік	57.7	51.6	678	356	901
			вище	56.4	55.3	54.3	67.1	77.2
5	БПКп	3	стік	60	52	57	38	58
			вище	5.6	5.1	5.7	6.8	5.7

Таблиця 5.2 - Гігієнічна класифікація забруднення води

Рівень забруднення водою	Критерій забруднення І гіг			
	Органо-лептичний	Санітарний	санітарно-токсикологічний	епідеміологічний
Допустимий	1	1	1	1
Помірний	$\leq 1,5$	≤ 3	≤ 3	≤ 10
Високий	≤ 2	≤ 6	≤ 10	≤ 100
Надмірний	> 2	> 6	> 10	> 100

Питання для самоперевірки

1. Коефіцієнт турбулентної дифузії річки без хвиль (формула).
2. Коефіцієнт турбулентної дифузії річки з хвилями (формула).
3. Модель абсолютного показника загального навантаження C_a у воді водного об'єкта за умови, що концентрація даної речовини $C_b=0$ (формула).
4. Модель абсолютного показника загального навантаження C_n у воді водного об'єкта за умови, що концентрація даної речовини $C_b>0$ (формула).
5. Модель показника K відносного навантаження водного об'єкта забруднюючою речовиною (формула).
6. Рівняння загальної моделі C_{t+1} динаміки забруднення води у створі на момент часу $t+1$ (формула).
7. Рівняння балансу маси ΔM полютантів за розрахунковий період $t = t_n - t_0$ (формула).
8. Швидкість W_t надходження забруднюючих речовин за одиницю часу (формула).
9. Рівняння балансу M_t речовин у водному об'єкті (формула).
10. Допустима концентрація $C_{\text{доп}}^{\text{ЗВ}}$ зважених речовин в очищених стічних водах (формула).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Безик К.І. «Екологічне нормування і районування водних екосистем» Конспект лекцій: Одеса, 2024. 85 с.
2. Хільчевський В.К., Ромась М.І., Савицький В.М. Про деякі сучасні напрямки гідрохімічних та гідроекологічних досліджень . Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 251.
3. Баканов А.І. Огляд існуючих підходів до районування водосховищ. Вип.62 (65). Праці ін.-та біології .2001. С.3-16.
4. Конвенція охорони та відтворення навколишнього природного середовища Азовського та Чорного морів.
5. www.library-odeku.16mb.com
6. eprints.library.odeku.edu.ua

Додаткова

1. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”.
2. О.О. Рибалов. Збірник завдань до практичних робіт з курсу “Моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища”. Розділ 3 “Локальні моделі прогнозування процесів забруднення водного середовища” Суми: Вид-во СумДУ, 2009. 68 с.
2. Закон України „Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення”.
3. Закон України „Про відходи”.
4. Екологічне законодавство України: Зб. нормат. актів / За ред. І.О. Заєць. – К.: Юрінком Інтер, 2001. – 416 с.
5. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
6. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.
7. ГОСТ 17.00.04. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения.
8. ГОСТ 17.2.3.02. Правила встановлення допустимих викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами.

Навчальне електронне видання

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних занять з навчальної дисципліни
«Екологічне нормування і районування водних екосистем»
для бакалаврів III та IV років
денної та заочної форм навчання
Спеціальність: 207 Водні біоресурси та аквакультура
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів»

Укладач: ст.викладач Безик Ксенія Ігорівна

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
