

В.Г. Доц, О.О. Жемеров

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СУШІ

Методичний посібник



Харків – 2011

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна
Кафедра фізичної географії та картографії

О.О. Жемеров, В.Г. Доц

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СУШІ

**Методичний посібник
для студентів–географів вищих навчальних закладів**

Харків - 2011

УДК 556.5 (075.8)

ББК 26.22я73

Ж55

Затверджено на засіданні Вченої ради
геолого-географічного факультету Харківського
національного університету імені В.Н. Каразіна
(25.05.2011, протокол № 8)

Рецензенти:

доцент В.Г. Клименко (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна)

к. геогр. н. М.П. Пасюга (Північно-Східний науковий центр НАН України, м.Харків)

Ж55 Жемеров О.О., Доц В.Г. Оцінка якості поверхневих вод суші: Методичний посібник для студентів-географів вищих навчальних закладів. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2011. - 48 с.

Методичний посібник містить два розділи, у першому подається характеристика основних показників якості води, у другому розробки лабораторних робіт за темами «Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші», «Розрахунок індексу забрудненості поверхневих вод» і практичної роботи для майбутніх учителів географії «Організація у школах екологічного моніторингу поверхневих вод».

Методичний посібник розроблений як додаток до дипломної роботи магістра студенткою 5 курсу кафедри фізичної географії та картографії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна В.Г. Доц (науковий керівник – кандидат географічних наук, професор О.О. Жемеров). Видання призначене для студентів-географів вищих навчальних закладів.

УДК 556.5 (075.8)

ББК 26.22я73

© Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

© Жемеров О.О., Доц В.Г 2011

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ВСТУП. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ

1.1. Нормовані показники.....	4
1.2. Екологічні характеристики водойм.....	5
1.3. Сольовий склад води.....	9
1.4. Біогенні речовини	11
1.5. Розчинені гази.	13
1.6. Важкі метали	14
1.7. Синтетичні поверхнево-активні речовини, феноли та нафтопродукти....	16
1.8. Хімічні речовини канцерогенної дії	17
1.9. Підходи до оцінки екологічного стану вод	17

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ «ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ»

2.1. Розробка практичної роботи № 1 «Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші».....	19
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	33
<i>Тестові завдання</i>	34
2.2. Розробка практичної роботи № 2 «Розрахунок індексу забрудненості поверхневих вод».....	35
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	39
2.3. Розробка практичної роботи № 3 «Організація у школах екологічного моніторингу поверхневих вод».....	39
<i>Контрольні запитання і завдання</i>	47
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	48

РОЗДІЛ 1. ВСТУП. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ

1.1. Нормовані показники

Норма (від лат. *norma* - керівне правило, взірець) – це узаконений, визнаний, обов'язковий порядок, міра, закон, або ж середня, максимальна чи мінімальна кількість, розмір чогось. Від норми походить термін норматив (від лат. *normativa* - упорядкування) показник норм, згідно з яким виконують певну роботу.

Нормовані показники [1], які найчастіше використовують для визначення якості поверхневих вод, поділяють на такі:

- 1) кисневий – охоплює розчинений у воді кисень, біохімічне споживання кисню (БСК), хімічне споживання кисню (ХСК);
- 2) токсикологічний - об'єднує амонійний азот, нітрити та важкі метали;
- 3) санітарно-токсикологічний – визначає вміст нітратів, важких металів та мінералізацію зі всіма її складниками;
- 4) рибогосподарський - об'єднує нафтопродукти, феноли й отрутохімікати.

Окрім того, для характеристики якості води використовують ще такі показники: твердість, зумовлену вмістом солей лужно - земельних металів; лужність, зумовлену вмістом аніонів слабких кислот; агресивність, здатність розчинених у воді речовин руйнувати метали, бетон, вапнякові матеріали.

Рівень забруднення поверхневих вод оцінюють так: за частотою виявлених перевищень граничнодопустимих концентрацій (ГДК); кратністю перевищення ГДК за окремими компонентами хімічного складу забруднень; повторністю (%) виявлених у воді забруднювальних речовин або показників забруднення за певний проміжок часу (доба, декада, місяць, сезон, рік).

Для виявлення тенденцій зміни якості поверхневих вод користуються: порівнянням максимальних, мінімальних і середніх оцінок за певні гідрологічні сезони; формами кривих частот концентрації; формами інтегральних кри-

вих розподілу концентрацій; результатами класифікації якості поверхневих вод [2].

Кожен вид водокористування (питне, культурно-побутове, рибогосподарське, технічне) ставить свої вимоги до якості води. З огляду на це нормування набуває важливого значення, зокрема щодо визначення параметрів показників для конкретних видів водокористування.

1.2. Екологічні характеристики водойм

Екологічними характеристиками водойм, зокрема текучої води річок, є температура, прозорість, кольоровість, вміст розчинених сполук і зависей, швидкість потоку, співвідношення кількостей води, що витікає, профіль глибини, характер берегів і дна.

Визначення температури

Температура є важливим чинником. Підвищення температури інтенсифікує гідроліз багатозарядних катіонів, сприяє дегазації води, збільшує токсичність окремих сполук, прискорює біохімічні процеси у воді водойм. Крім того, кожен живий організм має свій оптимальний режим температур; поза межами стійкості гідробіонти гинуть.

Промислові підприємства, що скидають у природні водойми теплу воду, спричинюють теплове забруднення водойм. Особливо сприяють забрудненню теплові й атомні електростанції – їх води нагріті до 45°C. Вимірювати температуру води в річці бажано поблизу місця скидання у водойму води з підприємства чи електростанції. У цьому разі замірювання виконують вище й нижче від місця скидання. Складають два температурних профілі річки і порівнюють їх між собою.

Визначення запаху

За характером запахи поділяють на дві групи:

1) запахи природного походження: земляний, торф'янистий, гнильний, трав'яний, болотний, дерев'янистий, ароматичний, рибний, запах цвілі, сірководневий тощо;

2) запахи штучного походження: хлорний, оцтовий, фенольний, бензиновий, камфорний тощо.

Інтенсивність запаху визначають за п'ятибальною шкалою:

0 – запаху немає;

1 – дуже слабкий;

2 – слабкий;

3 – помітний;

4 – чіткий (виразний);

5 – дуже сильний.

2. Визначення прозорості води. Прозорість води залежить від кількості й ступеня дисперсності зависей. Її виражають у сантиметрах водяного стовпа, крізь який видно лінії завтовшки 1мм, що утворюють хрест або шрифт № 1 (за Снілленом)[9.11]. Для визначення прозорості води безпосередньо у водоймі застосовують диск Секкі – металевий диск діаметром 20см, поділений на чотири сектори, два з яких пофарбовані в чорний, а два – в білий колір, з'єднаний із тросиком, що має позначки (рис.1).

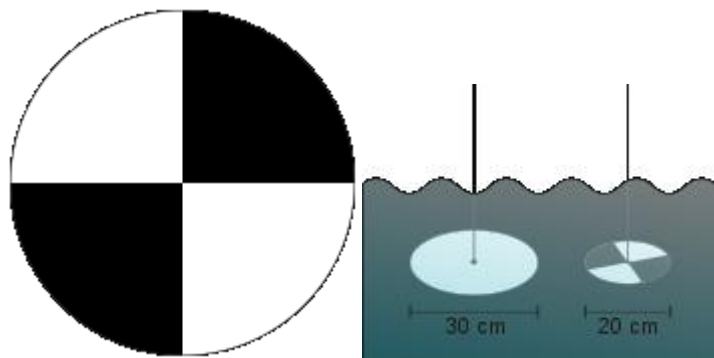


Рис.1. Два типа дисків Секкі

Визначення кольоровості води. Колір води у водоймах може бути різним, що найчастіше зумовлено наявними в ній домішками. Коричневий колір свідчить

про наявність заліза, зеленуватий – про масове розмноження синьозелених водоростей, так звані, небезпечні «червоні припливи», спричинені спалахами чисельності популяцій окремих водяних організмів.

Кольоровість води визначають колориметричним методом у градусах, порівнюючи її з дихроматно - кобальтовою шкалою кольоровості, яку отримують, змішуючи в різних співвідношеннях розчин 1 і 2 (табл.1.1).

Таблиця 1.1

Шкала кольоровості із дихромату калія і сульфату кобальта

Розчин	Градуси кольоровості													
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
№1,мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
№2,мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84	82	80

Кислотність і лужність вод

pH середовища має велике значення для формування хімічного складу вод, процесів їх очищення, забезпечення умов існування для рослинного й тваринного світу водойми. Зокрема, зниження, зниження pH сприяє підвищенню розчинності карбонатів, сульфідів, фосфатів, важких металів, збільшенню їх міграції і доступності для засвоєння живими організмами, отруєнню. Для більшості риб оптимальним є pH=6,7-8,6. Цей показник залежить від багатьох чинників: температури води, вмісту органічних речовин, діяльності живих організмів тощо.

1. Визначення pH вод. Найзручніше і найточніше визначають pH вод за допомогою pH-метра (рис.2). Можна скористатися універсальним індикаторним папером і за кольоровою шкалою визначити pH. Ще один спосіб – використання різних кислотно - основних індикаторів, які змінюють своє забарвлення при різних значеннях pH. Знаючи інтервал pH зміни кольору кількох індикаторів, можна з достатньою точністю визначити pH води, наливши 5-10мл аналізованої води в пробірки і додавши по 1-2 краплі індикатора.

2. Визначення кислотності води. Кислотність – це концентрація у воді речовин, що взаємодіють із сильними основами. До них налічують сильні кислоти, які у водному розчині повністю дисоціюють на іони (сульфатна, хлоридна, нітратна, хлорна), слабкі кислоти (ацетатна, сульфідна, сульфідна, карбонатна) та катіони слабких основ, які у воді гідролізуються із виділенням протонів (NH_4^+ , Fe^{3+} , Al^{3+} , катіони органічних основ).

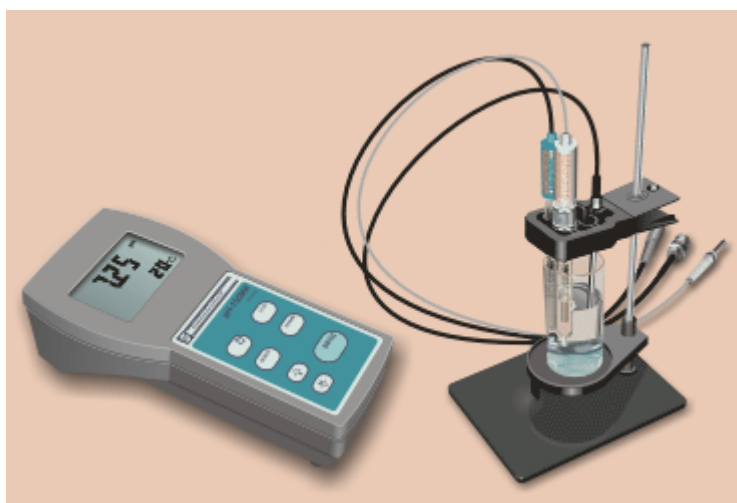


Рис.2. Прилад рН-метр рН-150МІ, призначений для вимірювання значень рН, окисно-відновного потенціалу (Еh) і температури в технологічних та інших водних розчинах, природних і стічних водах

Жорсткість. Сумарний вміст іонів кальцію та магнію у воді формує її загальну жорсткість[1]. Це один з важливих критеріїв, який визначає придатність води для пиття та інших видів водокористування. Вода з жорсткістю до 4 ммоль/дм³ характеризується як м'яка, від 4 до 8 ммоль/дм³ - середньої жорсткості, від 8 до 12 ммоль/дм³ - жорстка, більше 12 ммоль/дм³ - дуже жорстка. Цікавий аспект впливу вод з різною жорсткістю на здоров'я людини виявили медичні дослідження: чим жорсткіша вода, тим менше люди страждають на серцеві захворювання. Однією з причин цього явища, можливо, є те, що м'яка вода переводить у розчин свинець і кадмій, які містяться у водопровідних трубах. А останні, як відомо, впливають на підвищення тиску, який є передумовою інфаркту.

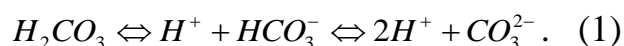
1.3. Сольовий склад води

Сольовий склад природних вод представлений солями соляної, сірчаної та вугільної кислот з металами натрієм, калієм, магнієм та кальцієм. Розчинені у воді солі зазвичай, представлені іонами HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . Оскільки сума перелічених вище головних іонів становить 90-95% мінерального складу прісних вод, то її часто називають мінералізацією води, яка є кількісною характеристикою розчинених у воді мінеральних речовин [2.15].

Хлорид-іон (Cl^-) надходить у природні води шляхом розчинення хлоридних мінералів (содаліт, хлорапатит та ін.) та соленосних відкладів (галіт). Значна кількість Cl^- переноситься атмосферним шляхом із морів та океанів у континентальні води. Останнім часом зросла роль промислових і комунально-побутових стічних вод у надходженні Cl^- . Допускається вміст хлоридів у воді до 300 мг/дм³.

Сульфат-іон (SO_4^{2-}) надходить у природні води за рахунок процесів розчинення сірковмісних мінералів (гіпс), а також шляхом окислення сірки та сульфідів. Значні кількості SO_4^{2-} надходять за рахунок процесів відмирання живих рослинних і тваринних організмів та зі стічними водами. Вміст SO_4^{2-} у водах для питного споживання обмежується величиною 500 мг/дм³, а для рибогосподарського використання – 100 мг/дм³.

Гідрокарбонат – іони (HCO_3^-). Гідрокарбонатні та карбонатні іони вважаються однією із найголовніших частин хімічного складу поверхневих вод. Вони є продуктами дисоціації вугільної кислоти і знаходяться у розчині в динамічній рівновазі між самою вугільною кислотою та іонами, що її складають (1).



Зміна вмісту одного із членів цього рівняння приводить до зміни іншого. Ці іони формують карбонатну систему хімічної рівноваги, яка має надзвичайно важливе значення для природних вод. Співвідношення форм карбонатної

системи визначають величину рН води. При $\text{pH} < 5$ концентрація HCO_3^- практично дорівнює нулю. У нейтральних та лужних водах іони HCO_3^- переважають. Карбонатні іони (CO_3^{2-}) з'являються у воді при $\text{pH} > 8$, а в сильно лужних водах вони стають домінуючими.

Натрій – іон (Na^+) та калій – іон (K^+). Первинним джерелом надходження Na^+ та K^+ у поверхневі води є вивержені та осадові породи, а також хлористі, сірчаноокислі та вуглекислі солі. Крім того, вони надходять зі стічними водами, з сільськогосподарських угідь, зі зрошуваних полів. Концентрація Na^+ коливається в річкових водах від 0,6 до 300 мг/дм³. Гранично допустима концентрація натрію у воді – 120 мг/дм³.

Калій знаходиться у воді у значно нижчих концентраціях, ніж натрій. Його концентрація у річковій воді зазвичай рідко перевищує 25 мг/дм³. Гранично допустима концентрація K^+ складає 50 мг/дм³. Натрій і калій мають важливе значення для живих організмів. Вони відповідають за транспорт поживних речовин на клітинному рівні.

Іон кальцію (Ca^+). Первинним джерелом надходження його у поверхневі води є мінерали з вмістом кальцію (всього понад 700 мінералів). Великі кількості кальцію надходять зі стічними водами силікатних, металургійних, скловарних та хімічних підприємств, а також з сільськогосподарських угідь, особливо при застосуванні мінеральних добрив, що містять кальцій. Гранично допустима концентрація Ca^+ становить 180 мг/дм³.

Виконання простих статистичних процедур з вихідними гідрохімічними даними підтверджує домінуючу роль кальцію в формуванні жорсткості води річок України. Кореляційний аналіз даних про вміст Ca^+ та Mg^{2+} з величиною жорсткості у більшості випадків вказує на наявність тісних статистично достовірних кореляційних зв'язків між кальцієм та жорсткістю.

Іон магнію (Mg^{2+}) надходить у поверхневі води за рахунок процесів хімічного вивітрювання та розчинення доломітів, мергелів та інших мінералів, зі

стічними водами металургійних, силікатних, текстильних та інших підприємств. Іонна форма магнію переважає у маломінералізованих водах, у більш мінералізованих він міститься у вигляді нейтральних ($MgSO_4^0$), або заряджених ($MgHCO_3^-$) іонних пар, чи у вигляді комплексів з органічними речовинами. Гранично допустима концентрація Mg^{2+} складає 40мг/дм³.

1.4. Біогенні речовини

До біогенних належать мінеральні речовини, які найбільш активно беруть участь у життєдіяльності водних організмів: це сполуки азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), фосфору ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), кремнію ($HSiO_3^-$, SiO_3^{2-}), заліза (Fe^{2+} , Fe^{3+}) та деяких мікроелементів. Концентрація біогенних речовин у воді незначна, але саме ці елементи визначають рівень біопродуктивності водних об'єктів і таким чином, обумовлюють якість їх води.

Нітрат-іон (NO_3^-). Внаслідок широкого застосування мінеральних добрив у багатьох районах світу почалися випадки забруднення ґрунтових і поверхневих вод нітратами понад ГДК. Небезпека вживання води з підвищеним вмістом NO_3^- полягає в тому, що нітрати, попадаючи з водою в організм людини, відновлюються мікрофлорою травного тракту і тканинними ферментами до нітритів, токсичність яких у 10-20 разів вище, ніж у NO_3^- , і реагують з амінокислотами, утворюючи канцерогенні сполуки нітритоаміни.

Амоній (NH_4^+) та нітрит-іон (NO_2^-). Іон амонію з'являється у воді внаслідок розчинення у ній аміаку – продукту розкладу органічних азотовмісних речовин. Концентрація NH_4^+ в незабруднених поверхневих водах складає, як правило, соті долі мгN/дм³ і підвищується до 0,5 мгN/дм³.

Іон NH_4^+ нестійкий, він швидко окислюється до нітритів і нітратів. Підвищений вміст амонію свідчить, про анаеробні умови формування хімічного

складу води, і про її незадовільну якість. Підвищення концентрації NH_4^+ часто спостерігається у водних об'єктах у місцях скиду стічних вод.

Концентрація NO_2^- у воді в природних умовах дуже незначна (тисячі долі мгN/дм³). Підвищена концентрація нітритів свідчить про інтенсивність розкладу органічних речовин, і затримку окислення NO_2^- до NO_3^- , що чітко свідчить про забруднення водойми.

Фосфор надходить у води в результаті процесів життєдіяльності і розкладу решток водних організмів, вивітрювання і розчинення порід і мінералів. Забрудненню поверхневих вод фосфором сприяє надходження комунальних стічних вод, що містять поліфосфати як компоненти миючих засобів, фотореагенти та пом'якшувачі води. Важливим фактором є змив фосфорних добрив з сільськогосподарських угідь. Вміст фосфору у воді має сезонний характер коливань і залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу та біохімічного розкладу органічних речовин. Мінімальні концентрації фосфатів спостерігаються звичайно навесні і влітку, максимальні – восени і взимку.

Азот загальний. В загальному азоті природних вод прийнято виділяти органічну і мінеральну форму. Основними джерелами надходження азоту є процеси, які відбуваються всередині водойми, газообмін з атмосферою, атмосферні опади та антропогенне забруднення. Різні форми азоту в процесі його кругообігу можуть трансформуватися, переходячи з однієї форми в іншу. Азот належить до найважливіших лімітуючих біогенних елементів. Високий вміст азоту у воді прискорює процеси евтрофікації водойм, тобто бурхливий розвиток мікроскопічних водоростей, «цвітіння» водойм, загибель риб та інших водних організмів.

Аміак(NH_4^+). Основними джерелами надходження іонів амонію у водні об'єкти є тваринницькі ферми, господарсько - побутові стічні води, поверхневий стік із сільгоспугідь при використанні амонійних добрив, а також стічні

води підприємств харчової, коксохімічної, лісохімічної і хімічної промисловості. Підвищена концентрація іонів амонію може бути використана в якості індикаторного показника, що відбиває погіршення санітарного стану водного об'єкту, процесу забруднення поверхневих і підземних вод, у першу чергу, побутовими і сільськогосподарськими стоками.

1.5. Розчинені гази

У воді природних джерел частіш усього присутній кисень, діоксид вуглецю і сірководень.

Кисень. У природні водойми кисень надходить з атмосферним повітрям і виділяється в процесі фотосинтезу водяними рослинами, водоростями та фітопланктоном. Від вмісту O_2 залежить життя водних організмів, що використовують кисень для дихання, інтенсивність процесів окиснення та розкладання органічних решток, самоочищення водойм. Забруднення водойм органічними речовинами та сполуками, здатними окиснюватися, значно погіршує їх стан щодо забезпеченості киснем, тому визначення його вмісту у воді є дуже важливим.

Діоксид вуглецю. Головним джерелом надходження оксиду вуглецю в природні води є процеси біохімічного розпаду органічних залишків, окислювання органічних речовин, водних організмів. Звичайно навесні і влітку, вміст діоксиду вуглецю у водоймі знижується, а наприкінці зими досягає максимуму.

Сірководень. Присутність у поверхневих водах свідчить про забруднення джерела стоковими водами. Сірководень – токсичний газ, надає воді неприємний запах, у господарсько - побутових водах його присутність не допускається.

Біохімічне споживання кисню. В процесі біохімічного окислення органічних речовин у воді відбувається зменшення концентрації розчиненого кисню, і цей спад побічно є мірою вмісту у воді органічних речовин. Відповідний

показник якості води, що характеризує сумарний вміст у воді органічних речовин, називається біохімічним споживанням кисню (БПК).

1.6. Важкі метали

Важкі метали (*As, Cd, Cr, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Ag, Zn*) відносяться до групи мікроелементів, враховуючи їх низькі концентрації у природних водах (мікрограмовий діапазон концентрацій) [10.11].

Свинець. Значне підвищення вмісту свинцю в навколишньому середовищі, в тому числі у поверхневих водах, зумовлене його широким застосуванням у промисловості. Одним із значних джерел забруднення поверхневих вод сполуками свинцю є спалення вугілля, застосування тетраетилсвинцю у моторному паливі, а також винесенню у водоймі зі стічними водами рудозбагачувальних фабрик, металургійних підприємств, хімічних виробництв і шахт.

Ртуть. Ртуть потрапляє в організм риб та інших водних істот у формі метилртуті. Утворення метилртуті у річках і озерах досить легко відбувається при низьких значеннях рН води. Це пояснюється тим, що Hg^{2+} за цих умов легко переходить із донних відкладів у розчин шляхом іонного обміну (з іоном H^+) і мікроорганізми мають можливість збільшити продукцію метилртуті.

Цинк. Основним джерелом надходження цинку в природні води є мінерал сфалерит (ZnS). Майже всі сполуки, крім ZnF , добре розчинні у воді. У річкових водах його концентрації коливаються від кількох мікрограмів до десятків і рідше, сотень мікрограм на кубічний дециметр. У забруднених важкими металами водах концентрація цинку досягає сотень мікрограм на кубічний дециметр. Максимальні концентрації цинку характерні для слабокислих вод рудних тіл (рН=5,5-6,5). У лужних розчинах вміст цього елемента різко зменшується. Міграційна здатність цинку вища, ніж у міді та свинцю.

Мідь. Найважливішими джерелами надходження міді вважаються гірські породи, стічні води хімічних і металургійних виробництв, шахтні води, різні реагенти, що містять мідь а також стічні води з сільськогосподарських угідь. Характерна особливість поведінки міді в природних водах – сильно виражена здатність сорбуватися високодисперсними частинками ґрунтів і порід.

Марганець. Основним джерелом надходження марганцю у поверхневі води є залізомарганцеві руди та деякі мінерали, які містять марганець, стічні води марганцевих збагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості, шахтні води тощо. Значна кількість марганцю потрапляє при відмиранні й розкладу гідробіонтів, особливо синьо - зелених і діатомових водоростей, а також вищих водних рослин.

Нікель. Найважливішим джерелом забруднення нікелем є стічні води цехів нікелювання, збагачувальних фабрик. Величезні викиди нікелю супроводжують спалення палива, що призводить до викидів в атмосферу щорічно до 70тис.т. цього елемента. Нікель належить до канцерогенних елементів, що може спричиняти респіраторні захворювання. Вважається, що вільні іони нікелю (Ni^{2+}) приблизно в 2 рази токсичніші, ніж його комплексні сполуки.

Кобальт. Особливо небезпечним джерелом надходження сполук кобальту стають стічні води металургійних, металообробних, нафтопереробних, хімічних та інших виробництв.

Стронцій. Має низькі концентрації у природних водах, що пояснюється слабкою розчинністю його сірчаноокислих сполук, які вважаються основним джерелом надходження стронцію. Стронцій близький за своїми хімічними властивостями до кальцію, але відрізняється від нього біологічним впливом на організм. З надлишком вмісту цього елемента в ґрунтах, водах і продуктах харчування пов'язана так звана урсовська хвороба. Інше, не менш важливе джерело надходження стронцію (радіоактивних ізотопів) у наш час антропогенне.

Залізо. Будучи біологічно активним елементом, залізо в певній мірі, впливає на інтенсивність розвитку фітопланктону та якісний склад мікрофлю-

ри у водоймі. Концентрація заліза схильна до помітних сезонних коливань. Зазвичай у водоймах з високою біологічною продуктивністю в період літньої і зимової стагнації помітно збільшення концентрації заліза в придонних шарах води. Осінньо-весняне перемішування водних мас супроводжується окисленням Fe (II) в Fe (III) і випаданням останнього у вигляді $Fe(OH)_3$.

1.7. Синтетичні поверхнево-активні речовини, феноли та нафтопродукти

Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР). Потрапляючи у водойми, СПАР значно впливають на їх фізико - біологічний стан, погіршуючи кисневий режим і органолептичні властивості, які визначають з допомогою органів чуття – смаку, запаху, тощо і зберігаються там протягом тривалого часу, оскільки розчиняються повільно. Присутність їх у стокових водах знижує здатність зважених речовин до осідання, гальмує біохімічні процеси, сприяє виникненню піни у водоймах.

Феноли надходять у природні води зі стічними водами нафтопереробних, лісохімічних, лакофарбових, фармацевтичних та інших підприємств. Спускання стічних вод, що містять фенольні сполуки, у водойми і водотоки, різко погіршує їх санітарний стан. Фенол впливає на живі організми не лише токсичністю, а й значними змінами режиму біогенних речовин і розчинених газів.

Нафтопродукти. Вони належать до найпоширеніших і небезпечних речовин, які забруднюють природні води. Нафтопродукти шкідливі для гідробіонтів (особливо, якщо містять ароматичні вуглеводні), хоча в природі існує чимало організмів, починаючи від найпростіших, які споживають вуглеводні нафти і нафтопродуктів як джерело карбону для створення біомаси, сприяючи тим самим, очищенню водойм і ґрунтів.

1.8. Хімічні речовини канцерогенної дії

Хімічні речовини канцерогенної дії належать до різних класів хімічних речовин. За характером впливу на організми вони розділені на дві групи:

1. Генотоксичні речовини, які вступають у реакції з дезоксирибонуклеїновими кислотами.

2. Епігенетичні, негенотоксичні речовини, до яких належить чверть відомих канцерогенів.

Органічні мікрозабруднювачі природних вод, найпоширенішими з них є: діоксини, пестициди, ДДТ та споріднені органічні сполуки, поліхлоровані біфеніли, поліциклічні ароматичні вуглеводні, легколеткі хлоровані вуглеводні.

1.9. Підходи до оцінки екологічного стану вод

Поряд з одиничними та посередніми нормами, за якими оцінюють стан якості поверхневих вод, розроблено метод комплексної оцінки вод за сукупністю показників. Під поняттям «комплексна оцінка забрудненості поверхневих вод» розуміють ступінь забрудненості води її якість, виражену за допомогою системи показників щодо чинних нормативів для конкретного виду водокористування.

Комплексні оцінки забрудненості поверхневих вод можуть бути у формі різних коефіцієнтів або індексів забрудненості. Коефіцієнти переважно враховують невелику кількість елементів і компонентів такого складного об'єкта оцінювання, яким є вода. Розроблено коефіцієнти забрудненості води, комплексності забрудненості води, модульний коефіцієнт винесення забруднювальних речовин, показники відносної тривалості і відносних обсягів забрудненого і чистого стоків.

Інформативнішими є індекси забрудненості або якості води, під якими розуміють «узагальнену кількісну оцінку якості води за сукупністю основних показників і видів водокористування»: індекс якості води, комбінований індекс забрудненості води, гідрохімічний індекс якості води, загальносанітарний індекс якості води, комплексна оцінка ступеня забруднення водоюм токсичними речовинами та ін.

Контрольні запитання і завдання

1. Яким методом визначають кольоровість води?
2. Як визначають прозорість води?
3. За якою шкалою визначають запах?
4. Перерахуйте групи показників якості води.
5. У чому причина жорсткості води?
6. Як визначають загальний солевміст води?
7. Розкрийте сутність понять «норма», «норматив» і висвітліть цілі, на які орієнтовані екологічні норми.
8. Назвіть і охарактеризуйте групи нормованих показників, які найчастіше використовують для визначення якості поверхневих вод.
9. Дайте визначення і охарактеризуйте поняття «комплексна оцінка забрудненості поверхневих вод».

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ «ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ»

2.1. Розробка практичної роботи № 1 «Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші»

Екологічні нормативи якості води - науково обґрунтовані кількісні значення показників якості води (гідрофізичних, гідробіологічних, бактеріологічних, специфічних речовин), котрі відображують природний стан водного об'єкта та цілі водоохоронної діяльності з покращання або збереження його екологічного благополуччя.

Екологічна оцінка якості вод - віднесення вод до певного класу і категорії, згідно з екологічною класифікацією на підставі аналізу значень показників (критеріїв) її складу і властивостей із наступним їх обчисленням та інтегруванням (ручним чи автоматизованим способом).

Критерії якості вод – екологічні критерії якості вод, за якими вода класифікується та оцінюється як компонент екосистеми з урахуванням умов її нормального функціонування. Кількісні значення елементарних гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних та специфічних показників, а також комплексні кількісні показники, що побудовані на інтегруванні елементарних ознак якості вод. На основі елементарних та узагальнюючих критеріїв визначають класи, категорії та індекси якості вод, сапробність і трофність, котрі відображають стан водних екосистем.

Критерій якості води - кількісний показник складу та властивостей води, якому відповідає певний клас і категорія якості води [15].

Норми якості води є сукупністю встановлених допустимих значень показників складу та властивостей води водних об'єктів, у межах яких надійно відвертається шкода здоров'ю населення, забезпечуються нормальні умови водокористування й екологічне благополуччя водного об'єкта. Для оцінки екологічного благополуччя водних об'єктів та визначення комплексу водоохоронних

заходів установлюється екологічний норматив якості води, який містить науково обґрунтовані значення концентрацій забруднюючих речовин і показники якості води - загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні. Ступінь забрудненості водних об'єктів визначається відповідними категоріями якості води.

Екологічна оцінка і класифікація річкової мережі ґрунтується на: екосистемному підході, згідно з яким води є інтегральною характеристикою функціонування водної екосистеми; біогеографічному районуванні; визначенні еталона порівняння. Екологічна оцінка та класифікація річкових систем складається із класифікацій за показниками сольового складу, трофо - сапробіологічними і специфічними токсичної та радіаційної дії. Кожна з цих класифікацій передбачає три рівні якісного стану водних екосистем: добрий, задовільний і поганий. Із добрим станом вважаються води, на які діють мінімальні антропогенні навантаження і величини фізико-хімічних та гідробіологічних показників яких близькі до фонових значень для даного регіону. Із задовільним станом вважаються води, на які діє значне антропогенне навантаження, рівень впливу якого близький до міри стійкості водних екосистем. Води поганого стану – це води з порушеними екологічними параметрами, що відповідають різним стадіям розвитку деградаційних процесів. Тобто система екологічної оцінки стану річкових вод має три факторні індекси: А – мінеральний склад, В – трофо - сапробіологію і С - вплив речовин специфічної біоцидної дії. Факторні індекси А, В і С визначають щодо максимальних значень однієї з характеристик якості води у кожній групі до еталону порівняння, а узагальнений екологічний індекс Е – як середньоарифметичне значення факторних індексів. Величини інтегральних екологічних індексів відповідають такому якісному стану води: еталон порівнянь – 1,0; добрий стан – 1,1-3,0; задовільний – 3,1-8,0; перехідний від задовільного до поганого – 8,1-13,0; поганий (кризовий) стан – понад 13,0.

Величини факторних та інтегральних екологічних індексів дозволили визначити загальні тенденції зміни якості річкових вод, а також лімітуючі фактори формування якості води по регіонах і річкових басейнах.

Оцінка сольового складу поверхневих вод передбачає [8, стор.46]:

1. Визначення галінності за величиною ступеня. Ця класифікація має три класи і сім категорій якості води:

а) клас прісних вод (I) з двома категоріями – гіпогалінних (1) та олігогалінних (2) вод;

б) клас солонуватих вод (II) з трьома категоріями – β-мезогалінні (3), α-мезогалінні (4) і полігалінні(5);

в) клас солонуватих вод (III) з двома категоріями – еугалінні (6), ультрагалінні (7).

Більшість рік України має середню мінералізацію води. Локальні особливості басейну (лісистість, заболоченість, озерність, закарстованість) впливають як на мінералізацію, так і на внутрішньорічний її хід. Особливо це стосується невеликих рік і водойм.

2. Визначення іонного складу: класу, групи і типу вод. До числа головних іонів, що містяться у природній воді, відносяться гідрокарбонати. За переважним аніоном в еквівалентній формі природні води поділяються на три класи – гідрокарбонатний, сульфатний і хлоридний. До гідрокарбонатного класу відноситься більша частина слабо мінералізованих вод суші. Хлоридний клас характерний для високо мінералізованих вод внутрішніх морів, безстічних озер і рік напівпустельної та пустельної зон. Сульфатні води займають проміжне становище. Кожний клас за переважним катіоном поділяється на три групи: кальцієву, магнієву, натрієву, а кожна група, у свою чергу, на чотири типи: I тип (лужні, магнітні води), II тип (змішані води), III тип (сильномінералізовані води), IV тип (кислі води). Більшість вод малої і середньої мінералізації (100–500 мг/дм³) має іонний склад I групи. При високій мінералізації

(1000–5000 мг/дм³) переважають сульфати, а при мінералізації понад 5000 мг/дм³ – сульфати або хлориди.

3. Оцінка якості прісних гіпогалинних та олігогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу, що визначає клас (5 класів) і категорію якості вод (7 категорій), за трьома показниками: сумою іонів, хлоридами і сульфатами. Класифікація якості солонуватих β-мезогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу.

II. Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші за трофосапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями включає групи показників [8, стор.47-48]:

1. Гідрофізичні – завислі речовини, прозорість.

2. Гідрохімічні – концентрація іонів водню (рН), азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфор, розчинений кисень, насичення, перманганатна (речовини, що легко окислюються, близькі до вмісту вуглецю) і біхроматна окислюваність (характеризує всі органічні речовини), біохімічне споживання кисню (БСК); (БСК₅) і (БСК₂₀) дають уявлення про органічні речовини тваринного походження і використовуються при оцінці складу господарчо-побутових стічних вод.

3. Гідробіологічні – біомаса фітопланктону, індекс самоочищення - самозабруднення. Основний принцип гідробіологічного тестування полягає у порівнянні виживання будь-яких організмів у чистій і забрудненій воді. Розрізняють два типи тестових об'єктів – індикаторні і представницькі. До перших відносяться організми, чутливі до забруднення води (передусім до токсикантів); до других – організми, які найповніше характеризують той чи інший гідробіоценоз.

4. Бактеріологічні – чисельність бактеріопланктону, чисельність сапрофітних бактерій. Відомо декілька тисяч видів бактерій. Усі вони поділяються на два великі класи – сапрофітні (нешкідливі для людини, інколи навіть корисні)

і патогенні (хвороботворні). Виділити патогенні бактерії із всієї маси мікроорганізмів складно, тому при оцінці якості води обмежуються мікробним числом (загальна чисельність бактерій в 1 см³ води) і колі-індексом (кількість кишкових паличок в 1 дм³ води). Інколи замість колі-індексу використовується еквівалентний показник – колітитр (об'єм води в 1 см³, що припадає на одну кишкову паличку).

5. Біоіндикація сапробності (індекс сапробності) – системи Пантле - Букка та Гуднайтом - Уітлея.

Показником евтрофікації може слугувати й індекс Гуднайта і Уотлея. Для визначення індексу збирають бентосні організми з певної площі дна, після підрахунку організмів у групах знаходять цей індекс за формулою (2).

$$a = \frac{M}{B} \times 100, (2)$$

де, а – індекс, М - чисельність малощетінкових черв'яків, В - чисельність всіх видів організмів.

Після знаходження індексу визначають ступінь забруднення водойми (табл.2.1):

Таблиця 2.1

Індекс Гуднайта і Уотлея

Стан водойма	Індекс Гуднайта і Уотлея (%)		
	80	60-80	60
Сильне забруднення	x		
Сумнівне забруднення		x	
Добрий стан			x

У 1955 р. Пантле і Букк запропонували так званий індекс сапробності для оцінки рівня забрудненості вод. Цей індекс обчислюється за формулою (3).

$$I = \frac{\sum S * h}{\sum h}, (3)$$

де, s – сапробність кожного індикаторного виду, знайденого в пробі, h – велика кількість цього виду, виражена в балах від 1 до 5 (випадкові знахідки – 1,

часто зустрічається - 3, масовий розвиток – 5). Таким чином, сам індекс – це середнє значення сапробності всіх знайдених видів, з урахуванням їх великої кількості. Була прийнята така числова шкала для сапробності (як організмів, так і водойм): олігосапроби – 1, β - мезосапроби – 2, α -мезосапроби – 3 і полісапроби – 4. Подальші модифікації індексу сапробності Пантле-Букка зводилися, головним чином, до зміни списку індикаторних таксонів. Ці списки стали розроблятися окремо для різних екологічних груп гідробіонтів (фітопланктону, зоопланктону, зообентосу, макрофітів і риб).

3. Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші України за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії [8, стор.49]. Уміст речовин у водах суші за такими показниками: ртуть, кадмій, мідь, цинк, свинець, хром, нікель, миш'як, залізо (загальне), марганець, фториди, ціаніди, нафтопродукти, феноли (леткі), СПАР, арсен, фосфорорганічні пестициди (тіофос); оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками радіаційної дії: сумарна β -активність, ^{90}Sr , ^{137}Cs .

Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші побудована на інтегруванні елементарних і узагальнюючих ознак якості вод, на цих ознаках визначають класи, категорії та індекси води, зони і підзони сапробності, категорії і під категорії трофності [8, стор.50]:

I клас якості води з відповідною категорією: (1) відмінні;

II клас якості води з відповідними категоріями: дуже добрі (2), добрі (3);

III клас якості води з відповідними категоріями: задовільні (4), посередні (5);

IV клас якості води з відповідною категорією: погані (6);

V клас якості води з відповідною категорією: дуже погані (7);

Класи та категорії якості води за ступенем їх чистоти (забрудненості):

I клас якості води з категорією (1) дуже чисті;

II клас - чисті з двома категоріями: чисті (2) і досить чисті (3);

III клас - забруднені з двома категоріями: слабо забруднені (4), помірно забруднені (5);

IV клас - брудні (6) з однією категорією;

V клас - дуже брудні (7) з однією категорією.

Класи і категорії якості поверхневих вод за критерієм трофності:

I клас оліготрофні з категорією: оліготрофні – олігомезотрофні;

II клас мезотрофні з категоріями: мезотрофні (2) і мезоевтрофні (3);

III клас евтотрофні з категоріями: евтотрофні (4) і евполітрофні (5);

IV клас політрофні з однією категорією (6);

V клас гіпертрофні з категорією (7);

Класи і категорії якості поверхневих вод за критерієм сапробності:

I клас олігосапробні з відповідною категорією: β -олігосапробні (1);

II клас α -олігосапробні (2) і β' -мезосапробні (3);

III клас α' -мезосапробні (4) і β'' -мезосапробні (5);

IV клас з категорією α'' -мезосапробні;

V клас з категорією полісапробні (7).

Зміст роботи

Процедура встановлення значень екологічного нормування для конкретного водного об'єкта складається з таких послідовних етапів:

1. Групування і обробки вихідних даних.
2. Визначення класів і категорій якості води за окремими показниками.
3. Узагальнення оцінок якості води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) по окремих блоках з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води.
4. Визначення об'єднаної оцінки якості води (з визначенням класів і категорій) для конкретного водного об'єкта в цілому чи його ділянок за певний період спостережень.
5. Виконання екологічної оцінки якості вод суші;
6. Картографування результатів проведеної оцінки якості поверхневих вод суші.

Хід роботи

Етап групування і обробки вихідних даних якості вод полягає у виконанні певних дій у певному порядку і при дотриманні певних умов.

Під вихідними даними тут розуміють зведені й розрізнені результати систематичного контролю за якістю води водних об'єктів України, які зібрані й оброблені мережею пунктів спостережень і лабораторій систем Мінекобезпеки (Держкомгідромету і Держводгоспу) України. Враховувались також матеріали систематичних спостережень якості води, одержані науковими установами екологічного профілю.

Вихідні дані групують у просторі й часі у певному, прийнятому порядку: окремо для різних пунктів спостережень чи сукупно (з різних пунктів спостережень) для певних ділянок водного об'єкта або для водного об'єкта в цілому за певний відрізок часу – місяць, сезон, рік, кілька років поспіль тощо.

Вихідні дані з якості води за окремими показниками групують у межах трьох блоків. Згруповані по блоках вони являють собою вибірки, які піддають статистичній обробці: обчислюють середньоарифметичні значення, вибирають найменші та найбільші значення, що характеризують коливання величини кожного з показників якості води у реальних умовах виконання і аналізу результатів спостережень. Проте, серед екстремальних значень бувають такі, що виходять за межі коливань значень конкретної вибірки. Кожен такий випадок повинен бути підданий спеціальному аналізу для вирішення щодо використання чи вилучення екстремальних значень певних показників якості.

При групуванні, обробці й використанні вихідних даних рекомендується використовувати методи математичної статистики.

Етап визначення класів і категорій якості води за окремими показниками виконується у такому порядку:

1. Середні арифметичні значення кожного показника окремо зіставляють з відповідними критеріями якості води.

2. Найгірші (максимальні чи мінімальні) значення показників кожного блоку також порівнюють з відповідними критеріями якості води.

3. На основі проведеного зіставлення середніх та найгірших значень для кожного показника окремо визначають категорії якості води за середнім і найгіршим значеннями (найбільшими за номером) для кожного показника окремо.

4. Порівняння середніх і найгірших значень з критеріями спеціалізованих класифікацій та визначення класів і категорій якості води за окремими показниками виконують у межах відповідних блоків.

Етап узагальнення оцінок якості води за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води виконують лише на основі аналізу показників у межах відповідних блоків. Це узагальнення полягає у визначенні середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів якості води: забруднення компонентами сольового складу (I_1), трофо - сапробіологічного (еколого-санітарного) (I_2), специфічних показників токсичної і радіаційної дії (I_3). Таким чином, повинно бути визначено шість значень блокових індексів: $I_{1\bar{n}\bar{a}\bar{d}}, {}^2_{1\bar{i}\bar{a}\bar{e}\bar{n}}; {}^2_{2\bar{n}\bar{a}\bar{d}}, {}^2_{2\bar{i}\bar{a}\bar{e}\bar{n}}; {}^2_{3\bar{n}\bar{a}\bar{d}}, {}^2_{3\bar{i}\bar{a}\bar{e}\bar{n}}$.

Маючи значення індексів якості води окремих блоків, легко визначити їхню належність до певного класу та категорії якості води за допомогою системи екологічної класифікації, наприклад: $I_{3\bar{n}\bar{a}\bar{d}} = 5,1$, тобто вона належить до класу III, категорії 5; ${}^2_{3\bar{i}\bar{a}\bar{e}\bar{n}} = 7,0$ - до класу V, категорії 7.

Середні значення для трьох блокових індексів якості води визначають шляхом обчислення середнього номера категорії за всіма показниками одного блоку; при цьому категорія 1 має номер 1, категорія 2 – номер 2 і т. ін.. Середні значення блокових індексів можуть бути дробовими числами – десятковими дробами. Це дає можливість диференціювати оцінку якості води, зробити її більш точною і гнучкою. Для визначення субкатегорій якості води, що відпо-

відають середнім значенням блокових індексів, увесь діапазон десятих значень розбивають на частини і позначають (табл.2.2).

Таблиця 2.2

Субкатегорії якості води

Середні значення індексів по блоках	Позначення відповідних субкатегорій якості води
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 категорій 3-7	

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

Етап визначення об'єднаної оцінки якості води для 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 водоохоронної діяльності, опрацювання водоохоронних заходів, здійснення екологічного і еколого-економічного районування, екологічного картографування тощо.

Екологічний індекс обчислюють за формулою(4).

$$I_E = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}, \quad (4)$$

де I_1 - індекс забруднення компонентами сольового складу; I_2 - індекс трофосапробіологічних (еколого-санітарних) показників; I_3 - індекс специфічних показників токсичної дії.

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси, обчислюють для середніх і для найгірших значень категорій окремо: $I_{\text{середн}}$, $I_{\text{найгірш}}$. Він може бути

дробовим числом.

Визначення субкатегорій якості води на підставі екологічного індексу здійснюють так само, як для блокових індексів.

Сольовий склад поверхневих вод (разом з гирловими ділянками річок) України оцінюють за сумою іонів та окремими інгредієнтами. При групуванні даних у просторі й часі оцінку дають за середніми і максимальними (найгіршими) значеннями показників. Клас води визначають за переважаючими аніонами, групи – за переважаючими катіонами. Типи вод визначають співвідношення між іонами (в еквівалентах)(5).

$$\begin{aligned} I. & HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}, \\ II. & HCO_3^- < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3^- + SO_4^{2-}, \\ III. & HCO_3^- + SO_4^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+}, \\ IV. & HCO_3^- = 3. \end{aligned} \quad (5)$$

Для позначення видів природних вод вживають символи, наприклад, гідрокарбонатний клас, група кальцію, тип другий - C_{II}^{Ca} , сульфатно-хлоридно-кальцієві води другого типу - SCL_{II}^{Ca} ..

Прісні гіпогалинні і олігогалинні та солонуваті β-мезогалинні води, оцінюють, також за критеріями їхнього забруднення компонентами сольового складу, а саме за значеннями суми іонів, хлоридів і сульфатів.

Екологічну оцінку якості поверхневих вод суходолу України за трофосапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями виконують на підставі середніх та найгірших значень кожного з гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних показників та індексів сапробності. У підсумку вони відповідають певному ступеню трофності та зоні сапробності вод. Загальна кількість показників цього блоку, що забезпечує обґрунтовані висновки, повинна бути не меншою 10.

Екологічну оцінку якості поверхневих вод суходолу за специфічними показниками токсичної й радіаційної дії виконують за кожним показником ок-

ремо. Для даних, згрупованих у часі й просторі, оцінку дають за середнім і найгіршим значенням кожного з показників.

Назви класів і категорій якості води, дані про стан та ступінь чистоти (забрудненості), а також ступінь трофності й зону сапробності оцінюваних поверхневих вод наведено.

Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, його попереднім етапом. Тому при виконанні екологічної оцінки треба зіставляти одержані результати із значенням екологічних нормативів, встановлених для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи не відповідності) якості вод значенням усіх тих показників, які встановлено у результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкта.

Результати екологічної оцінки якості поверхневих вод суходолу подаються у вигляді таблиць, графіків і карт. Таблиці можуть складатися як для окремих пунктів спостережень, так і для водного об'єкта в цілому. У таблицях послідовно розміщують значення показників та відповідні їм класи і категорії якості води.

Екологічна оцінка якості вод суші. Екологічна оцінка якості поверхневих вод виконується як узагальнююча оцінка якості (відповідно до додатків Методики) по трьох блоках показників: блоку сольового складу, блоку трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників, блоку показників умісту і біологічної дії специфічних речовин. Результати подаються у вигляді єдиної екологічної оцінки, котра ґрунтується на заключних висновках по трьох блоках (табл.2.3).

Таблиця 2.3

Розрахункова таблиця оцінки якості поверхневих вод

Показники якості води	ЕН _(о) - оптимальне значення		ЕН _(д) - допустиме значення	
	категорія	величина	категорія	величина

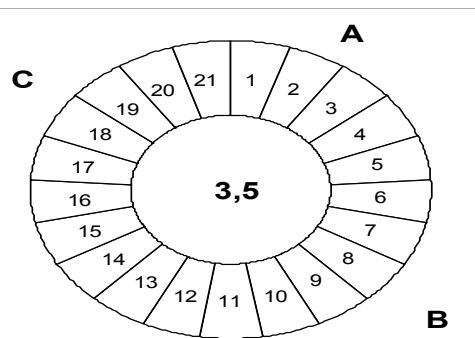
Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
Блок показників сольового складу				
Сума іонів, мг/дм ³				
Хлориди, мг/дм ³				
Сульфати, мг/дм ³				
Блок трофо-сапробіологічних показників				
pH				
Завислі речовини, мг/дм ³				
Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³				
% насичення води киснем				
Перманганатна окислюваність, мґО /л				
Біхроматна окислюваність, мґО/л				
БСК ₅ , мґО ₂ /дм ³				
Азот амонійний, мґN/дм ³				
Азот нітритний, мґN/дм ³				
Азот нітратний, мґN/дм ³				
Фосфор фосфатів, мґP/дм ³				
Чисельність бактеріопланктону, млн.кл/см ³				
Чисельність сапрофітних бактерій, тис.кл/см ³				
Індекс сапробності за Пантле-Букком				
Блок специфічних показників токсичної дії, мґг/дм ³				
Нафтопродукти				
Феноли (леткі)				
СПАР				
Ціаніди				
Фториди				
Мідь				
Цинк				
Хром (загальний)				
Залізо (загальне)				
Марганець (загальний)				
Свинець				
Кадмій				

Картографування результатів проведеної оцінки якості поверхневих вод суші. Залежно від потреб розробляють комплексні синтетичні чи аналітичні карти, що відображають: узагальнену екологічну оцінку якості поверхневих вод, екологічну оцінку якості поверхневих вод за середніми значеннями

блокових індексів (I_1, I_2, I_3); екологічну оцінку якості поверхневих вод за окремими показниками (рис.3).

Колір	Клас якості води	Категорії якості води	Характеристика вод за якістю
Бірюзовий	I	1	Відмінні
Блакитний	II	2	Дуже добрі
		3	Добрі
Салатовий	III	4	Задовільні
		5	Посередні
Оранжевий	IV	6	Погані
Гранатовий	V	7	Дуже погані



A, B, C - Блокові індекси
3,5 – Екологічний індекс I_E

Умовні позначення

- A – Сольовий склад (мг/дм³):** 1) Сума іонів; 2) Хлориди; 3) Сульфати.
- B – Трофо-сапробіологічні (мг/дм³):** 1) Завислі речовини; 2) Прозорість; 3) рН; 4) Азот амонійний; 5) Азот нітритний; 6) Азот нітратний; 7) Фосфор; 8) Розчинений кисень; 9) % насичення; 10) Біохроматна окислюваність; 11) $\hat{A}\hat{N}\hat{E}_5$.
- C – Специфічні показники (мг/дм³):** 1) Мідь; 2) Хром; 3) Залізо; 4) Марганець; 5) Нафтопродукти; 6) Феноли; 7) СПАР.

Рис.3. Система картографічних позначень

Для картографічного представлення матеріалів досліджень щодо екологічної оцінки якості річкових вод використовують «Методику картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води». У зазначеній методиці висвітлені основні положення створення карт екологічної оцінки

якості поверхневих вод, рекомендовані масштаби карт, географічні основи способів розрахунків блокових та узагальнюючих (екологічних) індексів, зміст карт та етапи її складання. Для створення карт даної роботи використовують геоінформаційні технології від фірми *Mapinfo Corporation* США – відому в світі систему картографування *Mapinfo Professional*. Така карта допомагає краще усвідомити одержану і проаналізовану інформацію, наочно досягнути ситуацію, яка склалася в досліджуваних водних об'єктах в цілому і на окремих пунктах спостережень річок басейнів (рис.4). Крім того, вона дає можливість виявити загальні тенденції та основні лімітуючі чинники формування якості води в річках досліджуваних басейнів. Також в роботі має бути представлений фрагмент космічного знімку або карти, на якому відображена досліджувана територія [16].

Контрольні запитання і завдання

1. Чому в стічних водах, які піддають біологічному очищенню, обов'язково контролюють вміст хрому?
2. Які токсичні сполуки можуть утворюватися під час хлорування природних поверхневих вод, збагачених органічними речовинами?
3. Чому при підкисленні води спостерігається отруєння водяних організмів важкими металами?
4. Які організми – аеробні чи анаеробні – в умовах визначення $\dot{A}\tilde{N}\hat{E}_5$ беруть участь в окисненні органічних сполук? Назвіть кінцеві продукти окиснення органічних речовин аеробними бактеріями.

Тестові завдання

1. Як називають нормований показник для визначення якості поверхневих вод, що охоплює розчинений у воді кисень, біохімічне споживання кисню, хімічне споживання кисню?
а) кисневий; б) токсикологічний; в) санітарно – токсикологічний; г) рибогосподарський.

2. Як називають нормований показник для визначення якості поверхневих вод, що об'єднує амонійний азот, нітрити та важкі метали?

а) кисневий; б) токсикологічний; в) санітарно – токсикологічний; г). рибогосподарський.

3. Як називають нормований показник для визначення якості поверхневих вод, що відображає вміст нітратів, важких металів та мінералізацію зі всіма її складниками?

а) кисневий; б) токсикологічний; в) санітарно – токсикологічний; г). рибогосподарський.

4. Як називають нормований показник для визначення якості поверхневих вод, що об'єднує нафтопродукти, феноли й отрутохімікати?

а) кисневий; б) токсикологічний; в) санітарно – токсикологічний; г). рибогосподарський.

5. Скільки балів не повинні перевищувати смак і присмак для водойм господарсько–питного призначення?

а) 0; б) 2; в)4; г)1; д) 5; е) 3.

6. Який смак води зумовлений переважно наявністю в ній сульфату магнію?

а) кислий; б) гіркий; в) солоний.

7. Який смак води зумовлений надлишком розчиненої вуглекислоти?

а) кислий; б) гіркий; в) солоний.

8. Скільки не повинен перевищувати вміст (у мг/л) завислих речовин унаслідок скидання стічних вод у водойми для питного водопостачання?

а) 0,25; б) 0,50; в) 0,75; г) 0,35.

9. До яких властивостей природних вод належать показники газового режиму, вміст біогенних сполук, заліза, мангану, кальцію, магнію, хлоридів, сульфатів, твердість, карбонатність і лужність?

а) хімічних; б) фізичних; в) фізико – хімічних.

10. Скільки міліграмів на літр не повинно перевищувати ХСК (хімічне споживання кисню) води для водойм господарсько–питного призначення?

а) 30; б) 25; в) 15; г) 10.

11. До яких речовин, що містяться у воді, належать ціаніди, миш'як, свинець, ртуть, хром, мідь, кадмій?

а) токсичні; б) забруднювальні; в) радіоактивні.

12. Як називають природну воду за ступенем мінералізації, якщо вміст солей у ній становить від 1 до 25 г/л?

- а) солонувата; б) солоня; в) солянка; г) прісна.

13. Як називають прісну воду за ступенем мінералізації, якщо вміст солей у ній становить від 100 до 200 мг/л?

- а) слабкомінералізована; б) середньомінералізована;
в) ультрапрісна; г) підвищеної мінералізації; д) високої мінералізації.

14. До якого класу за домінуючим аніоном належать води переважної більшості озер, річок, водоносних горизонтів, зони активного водообміну?

- а) гідрокарбонатного; б) хлоридного; в) сульфатного.

Розробка практичної роботи № 2 «Розрахунок індексу забрудненості поверхневих вод»

Ця методика оцінки якості води за комплексним показником – індексом забрудненості води (ІЗВ) - була рекомендована для використання підрозділам - Держкомгідромету. Це одна із найпростіших методик комплексної оцінки якості води. Оцінювання за показником ІЗВ дає змогу виконати порівняння якості вод різних водних об'єктів між собою, незалежно від наявності різних забруднюючих речовин, виявити тенденцію якості води в часі [15].

Зміст роботи

1. Визначення середнього арифметичного значення результатів хімічних аналізів по кожному з показників.
2. Розрахунок індексу забруднення вод.
3. Визначення класу якості вод.
4. Картографування результатів проведеної оцінки якості за ІЗВ.

Хід роботи

Етап визначення середнього арифметичного значення результатів хімічних аналізів по кожному з показників. Розрахунок ІЗВ проводиться за

обмеженим числом інгредієнтів. Визначається середнє арифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з таких показників: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню ($\hat{A}\hat{N}\hat{E}_5$).

За результатами аналізів кожного з показників виводиться середньоарифметичне значення. Кількість аналізів для визначення середнього значення має бути не меншою за 4, незалежно від того, перевищують води гранично допустимої концентрації (ГДК) чи ні, але обов'язково включати розчинений кисень та $\hat{A}\hat{N}\hat{E}_5$. В цілому показники вибираються незалежно від лімітної ознаки шкідливості; при рівних концентраціях показників перевага надається речовинам, які мають токсикологічну ознаку шкідливості. Якщо при розрахунку середньоарифметичного використовувались значення, які виходять за межі звичайного ряду спостережень (у результаті аварійного скиду забруднювальних речовин), у тексті повинна бути відповідна примітка.

Етап розрахунку індексу забруднення вод. Знайдене середнє арифметичне значення кожного з показників порівнюється з їх ГДК. При цьому у випадку розчиненого кисню величина ГДК ділиться на знайдене середнє значення концентрації кисню, тоді як для інших показників це робиться навпаки. ІЗВ розраховується за формулою (6).

$${}^2\zeta\hat{A} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\hat{A}\hat{A}\hat{E}_s}, \quad (6)$$

де \hat{N}_s - середня концентрація одного із шести показників якості води; $\hat{A}\hat{A}\hat{E}_s$ - гранично допустима концентрація кожного з шести показників якості води.

Для розрахунків використовуються значення ГДК (мг/дм³): азот амонійний – 0,39; азот нітритний – 0,02; нафтопродукти – 0,05; феноли – 0,001 та $\hat{A}\hat{N}\hat{E}_5$ (табл.2.4). З урахуванням того, що величина біохімічного споживання кисню ($\hat{A}\hat{N}\hat{E}_5$) є інтегральним показником наявності легкоокиснюваних органічних речовин (ГДК для повного БСК становить 3 мг/л щодо O_2 , а також то-

го, що зі зростанням умісту легкоокиснюваних органічних речовин і зменшенням умісту розчиненого кисню якість вод знижується непропорційно різко, нормативи для цих показників при розрахунках ІЗВ беруться дещо інші, ніж ГДК.

Таблиця 2.4

Нормативні значення для $\hat{A}\hat{N}\hat{E}_5$

Споживання кисню ($\hat{A}\hat{N}\hat{E}_5$), мг/дм ³	Норматив, мг/дм ³
≥ 3	3
$3 \geq 15$	2
≥ 15	1

Величину ГДК для розчиненого кисню визначають так (табл.2.5):

Таблиця 2.5

Нормативні значення розчиненого кисню

Середній вміст розчиненого кисню (C_i) / дм ³	Норматив (ГДК), мг/дм ³
>6	6
$6 > C_i > 5$	12
$5 > C_i > 4$	20
$4 > C_i > 3$	30
$3 > C_i > 2$	40
$2 > C_i > 1$	50
$1 > C_i > 0$	60

При визначенні ІЗВ можна враховувати і водність. Для цього треба спочатку визначити коефіцієнт водності річки (k), який дорівнює відношенню фактичної середньої (сезонної) витрати (Q_o) і середньобагаторічної ($Q_{\bar{n}\bar{a}\bar{o}}$) (7).

$$k = \frac{Q_o}{Q_{\bar{n}\bar{a}\bar{o}}} \quad (7).$$

Потім отриману величину множимо на коефіцієнт водності.

Етап визначення класу якості. Для порівняння якості води у різних створах, визначення їх динаміки використовують як критерії класи якості води:

I – дуже чиста ($IЗВ \leq 0,3$); II – чиста ($0,3 < IЗВ < 1$); III – помірно забруднена ($1 < IЗВ < 2,5$); IV – забруднена ($2,5 < IЗВ < 4$); V – брудна ($4 < IЗВ < 6$); VI – дуже брудна ($6 < IЗВ < 10$); VII – надзвичайно брудна ($IЗВ > 10$).

1. До першого класу відносяться води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Величини їх гідрохімічних та гідробіологічних показників близькі до природних значень для даного регіону.

2. Для вод другого класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги.

3. До третього класу відносять води, які знаходяться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем.

4. Води IV-VII класів – це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як екологічний регрес.

Звичайно ІЗВ розраховують по шести - семи гідрохімічних показниках, обов'язково по таких показниках: склад розчиненого кисню, водневий показник, біологічне споживання кисню та інші.

Залежно від величини ІЗВ ділянки водних об'єктів поділяються на класи. ІЗВ порівнюють для водних об'єктів однієї біохімічної провінції і східного типу для одного й того ж водотоку (за течією, за часом тощо).

4. Картографування результатів проведеної оцінки якості за ІЗВ.

Особливістю картографування оцінки якості за ІЗВ є їх складання за даними спостережень якості вод на відповідних пунктах контролю. Збір, обробка і розрахунок даних за методикою дає змогу визначити їх оцінку якості, за невеликими кількостями показників (рис.5).

Контрольні запитання і завдання

1. Як проводяться розрахунки середньоарифметичних значень, які виходять за межі звичайного ряду спостережень (аварійний скид забруднювальних речовин).
2. При розрахунках ІЗВ є відмінність у визначенні розчиненого кисню, чому?
3. У чому полягає відмінність цієї методики від інших методик?

2.3. Розробка практичної роботи № 3 «Організація у школах екологічного моніторингу поверхневих вод»

Учнівське дослідження з екології поєднує у собі використання теоретичних знань і практичних дій, вимагає вміння моделювати, будувати план дослідження, здійснювати експеримент, мати навички екологічного картографування, побудови схем, діаграм. Основними формами екологічної роботи, в яких реалізуються ці види діяльності, є: шкільні екологічні гуртки, науково-дослідницькі групи, лабораторії, екологічні загони, клуби, центри, будинки творчості, екологічні літні табори, практикуми, експедиції, шкільні наукові товариства, науково - практичні конференції тощо.

Зміст роботи

1. Визначення фізичних властивостей води.
2. Визначення хімічних властивостей води.
3. Визначення рослинних індикаторів чистоти води.
4. Визначення тварин-індикаторів чистоти водойм.
5. Визначення класу якості за методом автографії на фотопапері.

Хід роботи

1. Визначення фізичних властивостей води

Дослідження органолептичних властивостей води (забарвлення, запаху, присмаку) має велике значення, оскільки їх погіршення легко виявляється і

призводить до різкого зниження користування водними джерелами. Усунути ж ці недоліки звичайними методами очистки практично не вдається.

1. Уміст зважених частинок. Цей показник якості води визначають шляхом фільтрування певного об'єму води через паперовий фільтр і подальшого висушування осаду на фільтрі в сушильній шафі до постійної маси.

2. Кольоровість води визначають візуально, порівнюючи з розчинами, що імітують кольоровість природних вод.

3. Колір (забарвлення). При забрудненні водойми стоками промислових підприємств вода може мати забарвлення, не властиву кольоровості природних вод. Для джерел господарсько-питного водопостачання забарвлення не повинне виявлятися в стовпчику висотою 20 см, для водойм культурно-побутового призначення - 10 см.

4. Прозорість характеризується граничною глибиною, на якій ще видно спеціальний білий диск діаметром близько 20 см (диск Секкі), який опускається у воду (можна взяти фанерку розміром 20x20 см з білою поверхнею, до якої прикріплений вантаж і мотузка з мітками на ній для визначення глибини).

5. Інтенсивність запаху також оцінюється при 20 і 60°C за 5-бальною системою інтенсивності запаху: ніякий (0 балів), дуже слабкий (1), слабкий (2), помітний (3), чіткий (4), дуже сильний (5 балів).

2. Визначення хімічних показників води

6. Водневий показник. рН можна визначити за допомогою універсального індикаторного паперу, порівнюючи його забарвлення зі шкалою; найбільш точно значення рН можна визначити на рН-метрі або за шкалою набору Алямовського.

7. Жорсткість води. Методами хімічного аналізу звичайно визначають загальну жорсткість (Жз) і карбонатну (Жк), а некарбонатна (Жн) розраховується як різниця Жз – Жк.

8. Розчинений кисень. Визначення розчиненого кисню проводяться за методом Вінклера.

9. Окислюваність. Усі методи визначення окислюваності умовні, а одержувані результати порівняльні тільки тоді, коли точно дотримуються всіх умов проведення аналізу. Найповніше окислювання досягається діхроматом калію, тому діхроматну окислюваність нерідко називають «хімічним споживанням кисню» (ХСК). Це основний спосіб визначення окислюваності.

10. Біохімічне споживання кисню (БСК). Найпоширенішим є визначення БСК по різниці вмісту розчиненого кисню до і після інкубації у стандартних умовах (20°C, аеробні умови без додаткового доступу повітря і світла).

11. Аміак, іони амонія, нітрати, нітрити. Підвищення концентрації іонів амонію і нітритів звичайно вказує на свіже забруднення, у той час як збільшення вмісту нітратів – на забруднення у попередній час. Усі форми азоту, включаючи і газоподібну, здатні до взаємних перетворень.

12. Хлориди є складовою частиною більшості природніх вод. Однак у воді річок концентрація хлоридів невелика і не перевищує 10-30 мг/л, тому, підвищена кількість хлор-іонів вказує на забруднення джерела стоковими водами.

13. Сульфати. У річкових водах і у водах прісних озер уміст сульфатів часто коливається від 5-10 до 60 мг/дм³, у дощових водах - від 1 до 10 мг/дм³. Підвищення вмісту сульфатів погіршує органолептичні властивості води і чинить фізіологічний вплив на організм людини.

3. Визначення наявності рослинних індикаторів чистоти води

14. Біоіндикація якості води з використанням водоростей (альгоіндикація). У якості індикаторів забруднення води органічними речовинами поряд з іншими організмами використовуються водорості. Розроблена спеціальна шкала, що дозволяє за складом водоростей оцінити ступінь органічного забруднення. При аналізі проб підраховується загальна кількість видів і кіль-

кість кожного виду (за 5-бальною шкалою); виявляються домінуючі види та їх сапробність; робиться висновок про переважання видів певної сапробності.

У полісапробній зоні водойми спостерігається велика кількість інфузорій і бактерій, видів водоростей небагато: хлорела, політома, деякі види хламідомонад. При цьому кількість водоростей може бути високою. Переважання полісапробів у природних водоймах, як правило, приурочене до місць скидання органічних стоків, місць «гниття». У мезосапробній зоні видове різноманіття водоростей велике. У бета-мезосапробній зоні видів водоростей більше, ніж у альфа-мезосапробній, але їх кількість може бути нижчою.

Наявність альфа-мезосапробов говорить про існування осередків забруднення у відносно чистих водоймах або приурочено до ділянок, де закінчується вплив сильного забруднення (так, наприклад, у скидів очищених вод міської каналізації).

Бета-мезосапроби - показники помірного, можна сказати, природного забруднення, характерного для живого, наповненого багатьма гідробіонтами водойми (діатомеї - планктон), кладофора (бентос, перифитона), спірогири, зигнеми, мікроцистис.

У олігосапробній зоні водорості різноманітні, але кількість їх невелика. Олігосапроби зустрічаються переважно в чистих джерелах, у мочажинах на верхових болотах, у річкових струмочках.

15. Сапробність водойм. Якість води оцінюють за рівнем сапробності, тобто за ступенем насичення води органічними речовинами. Водні об'єкти або їх ділянки залежно від умісту органічних речовин поділяють на полісапробні (личинки комара *Chaoborus*, мухи-бджоловидки *Fristalis tenax*), α -мезосапробні, β -мезосапробні (інфузорія парамеція, карась, короп, лин) та олігосапробні (форель, личинки мошок); найбільш забруднені - полісапробні водні об'єкти).

Кожному рівню сапробності відповідає свій набір індикаторних організмів-сапробіонтів. На основі індикаторної значущості організмів і їх кількості

визначають індекс та відповідний йому рівень сапробності. Зі збільшенням ступеня забруднення водних об'єктів їх видова різноманітність, як правило, знижується. Тому зміна видової різноманітності є показником зміни якості води. Оцінку видової різноманітності здійснюють на основі індексів різноманітності. Оцінка якості води за функціональними характеристиками водного об'єкта полягає в тому, що про її якість судять комплексно по величині первинної продукції, інтенсивності деструкції і деяких інших показників.

Виявити присутність небезпечної забруднюючої речовини у водоймі можна за допомогою проявів її токсичного ефекту на рибах (табл. 2.6)

Таблиця 2.6

Деякі зовнішні ознаки отруєння риб

Токсиканти	Ознаки отруєння
Хлор	Вражені зябра та війковий епітелій. Кінчики зябер світлі. При загибелі – швидкі обертальні рухи.
Важкі метали	Товста слизова оболонка тіла і зябер. На зябрах і шкірі – відклади гідроксидів відповідних солей.
Фосфор	Вирячування очей.
Аміак та солі амонію	Судоми, віялоподібні обертальні рухи, розширення плавників, зяброва кровотеча, рот зімкнутий. Риба тоне хвостом донизу.
Залізо та його солі	На зяберних пелюстках бурий наліт гідроксиду заліза.
Фтор	Водянка, вирячування очей.
Мідь	Тіло вкрите голубуватим слизом.
СПАР	Ураження шкіри та плавників з наступним їх руйнуванням. Зябра яскраво-червоні, запалені.

16. Індикація сапробності водойми за допомогою моллюсків. Прісноводні моллюски можуть слугувати біоіндикаторами ступеня забруднення водойми органічними речовинами, що скидаються з ферм, птахофабрик, свинарських комплексів, підприємств легкої промисловості та сфери побуту. Біоіндикатори - прісноводні моллюски, чутливі до вмісту у воді органічних речовин і кисню. Відповідно виділяють α -мезосапробів, β -мезосапробів і олігосапробів. Полісапробів серед моллюсків немає.

17. Біоіндикація забруднення води. Гідробіологічні показники дають можливість оцінити якість води за тваринним населенням і рослинністю водойм. Зміна видового складу водних екосистем може відбуватися при такому слабкому забрудненні водних об'єктів, що його не можна виявити ніякими іншими методами. Тому гідробіологічні показники є найбільш чутливими.

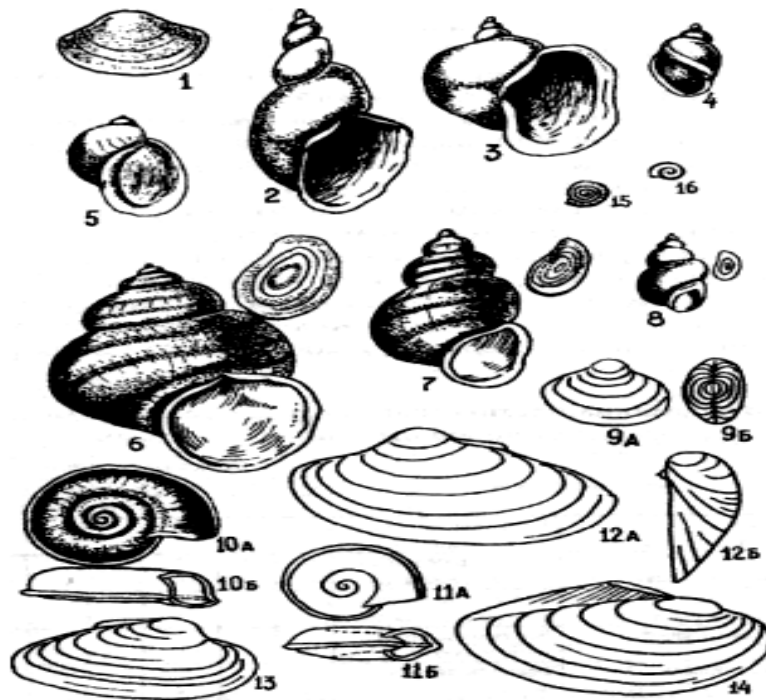


Рис.10. Прісноводні молюски – біоіндикатори чистоти водойма

1. Рогова шарівка. 2. Прудовик звичайний. 3. Прудовик ушковий. 4. Фіза ключова. 5. Прудовик яйцеподібний. 6. Лужанка справжня. 7. Лужанка смугаста. 8. Бітінія щупальцева. 9.а, б. Горошина. 10 а, б. Котушка звичайна. 11а, б. Котушка кільова. 12а, б. Перловиця роздута. 13. Перловиця живопісцева. 14. Беззубка качина. 15. Котушка завита. 16. Котушка гладка.

4. Визначення наявності тварин – індикаторів чистоти водойм

18. Визначення ступеня забруднення водойма за індексом Гуднайта і Уотлея.

Евтрофікацію можна виявити у процесі дослідження із застосуванням біоіндикаторів. Личинки хірономусов, і кольцецов живуть у мулі, харчуються ор-

ганічними залишками і пристосовані до нестачі кисню завдяки вмісту в крові гемоглобіну. Якщо у складі донного мулу присутні названі організми - це вірна ознака евтрофікації.

19. Оцінка якості води малих річок і озер за біотичним індексом.

Показником якості води є біотичний індекс, який визначається за кількістю ключових і супутніх видів безхребетних тварин, що мешкають у досліджуваній водоймі. Найвищий біотичний індекс визначається числом 10, він відображає якість води екологічно чистих водойм, вода яких містить оптимальну кількість біогенних елементів і кисню, у ній відсутні шкідливі гази і хімічні сполуки, здатні обмежити проживання безхребетних тварин. Визначивши кількість груп і число ключових видів, знаходимо (табл.2.7) вертикальний стовпчик і горизонтальний рядок, та на перетині їх визначаємо біотичний індекс.

Таблиця 2.7

Визначення біотичного індексу прісноводних екосистем за донними безхребетними

Ключові організми		Загальна кількість груп				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16
		Біотичний індекс				
Личинки веснянок	Більше одного виду	-	7	8	9	10
	Тільки один вид	-	6	7	8	9
Личинки поденок	Більше одного виду	-	6	7	8	9
	Тільки один вид	-	5	6	7	8
Личинки ручейників	Більше одного виду	-	5	6	7	8
	Тільки один вид	4	4	5	6	7
Бокоплави	Інші види відсутні	3	4	5	6	7
Водяні ос- лики	Інші види відсутні	2	3	4	5	6
Черви- трубочники /червоні личинки хірономід	Інші види відсутні	1	2	3	4	-
Всі інші ключові групи від- сутні	Деякі організми, які не потребують розчиненого кисню, можуть бути присутніми (личинки мух)	0	1	2	-	-

5. Визначення класу якості за методом автографії на фотопапері

Техніка визначення рівня відновленості субстрату за допомогою автографії на фотопапері полягає в наступному:

1. Зразки мулу чи ґрунту, взяті напередодні, але не більше ніж за добу до початку досліду, кладуть у літрові або півлітрові хімічні склянки (або банки). Зразки заливають дистильованою водою з досліджуваної водойми до їх повного насичення. Для заповнення водою всіх пор субстрату зразкам дають витримку близько однієї години. Донні відклади повинні бути покриті приблизно сантиметровим шаром води.

2. Фотопапір (глянсовий, тонкий, нормальний) нарізують у вигляді смуг розміром 4 x 9 см і після нумерації відповідно до номерів зразків поміщають вертикально у вологі зразки. Для цього торцем металевої лінійки або ножем з широким лезом роблять у зразку щілину глибиною близько 8,5 см і шириною 4-5 см, опускають у неї смужку фотопаперу, а потім ножем або лінійкою притискають субстрат до фотопаперу. Не рекомендується тримати фотопапір на світлі більше 15-20 хвилин. Цього часу цілком вистачить для її нарізки, маркування і установки в досліджуваний субстрат.

3. Після 72-годинної експозиції фотопапір витягують із субстрату, швидко промивають звичайною, а потім дистильованою водою, закріплюють протягом 5 хвилин у 25%-ному розчині гіпосульфїту і знову промивають.

4. Висушують смужки на фільтрувальному папері так, щоб емульсійний шар був зверху.

Таким чином, одночасно визначається і рівень відновленості середовища, і рівень активності анаеробних мікроорганізмів у субстраті. Відновлені та окислені ділянки на фотопапері розрізняються за кольором. Більш темні плями свідчать про високу концентрацію відновлених речовин - продуктів життєдіяльності анаеробів. Слабозабарвлена поверхня на фотопапері відповідає тим місцям субстрату, де переважають окисні умови. Автографія мулів зазвичай пофарбована більш рівномірно. Аплікаційний метод дає гарні результати при

екологічній діагностиці стану водойм за донними відкладами. Результати проведених досліджень вносяться (табл.2.8, табл.2.9) до екопаспорту.

Таблиця 2.8

Основні характеристики водойм

Показники	Точки відбору проб з указанням водойми					
	1	2	3	4	5	6

Біоіндикатори стану водойм. Види - біоіндикатори (оцінка кількості у балах):

0 - вид не зустрічається; 1 - вид рідкісний (одиночні екземпляри); 2 – нормальна кількість; 3 - вид зустрічається дуже часто. За відсутності оцінки великої кількості у клітині таблиці ставиться прочерк.

Таблиця 2.9

Біоіндикація чистоти водойма

Види-індикатори (оцінка кількості у балах, 0-3)	Точки спостереження з указанням водойми					
Веснянки						
Поденки						
Бабки						
Жаби						
Рак						
Перлівниця						
Пічкур						
Єлець						

Контрольні запитання і завдання

1. Чому сільське господарство - забруднювач природних вод солями амонію?
2. Про що свідчить одночасна наявність у водоймах сполук амонію, нітритів і нітратів?
3. Що зумовлює необхідність контролю за вмістом розчинних сульфатів у водах, які використовують для питних потреб населення та як теплообмінник?
4. Назвіть природні й антропогенні чинники евтрофікації водойм.
5. Яким є прямий і опосередкований вплив масового розмноження фітопланктону на хімічний склад вод та діяльність гідробіонтів?
6. Чому поверхневий стік з полів посилює евтрофікаційні процеси?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. — К.: Либідь, 1995. — 368 с.
2. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С. Практикум із загальної екології: Навч.посібник.-К.:Либідь, 1997. – 160 с.
3. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорєва.– К.: Генеза, 2000. – 29 с.
4. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Методика. КНД 211.1.4.010 - 94. Київ.: Основа, 1994. - 37 с.
5. Кораблева А.И., Чесанов Л.Г., Шапарь А.Г. Введение в экологическую токсикологию. - Днепропетровск: Центр эконом.образования, 2001. – 308 с.
6. Кукурудза С.І., Гурій С.М. Аналіз якості природних вод: Лаб.практ.-Львів, 1990. – 90 с.
7. Кульський Л.А., Левченко Т.М. Петрова М.В. Химия и микробиология воды.-К.: Вища шк., 1987. – 175 с.
8. Клименко В.Г., Фролова Л.І. Екологічна оцінка природних ресурсів: Метод. посібник для студентів. - Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. – 64 с.
9. Лабораторний та польовий практику з екології / За ред. В.П.Замостяна і Я.П. Дідуха.- К.:Фітосоціоцентр,2000. – 216 с.
10. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. - М.: Химия, 1982. - 448 с.
11. Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В. Аналітична хімія природнього середовища. -К.: Либідь, 1996. – 304 с.
12. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. - М.: Медицина, 1990. – 399 с.
13. Перепелиця О.П. Властивості та екологічний вплив хімічних елементів. - К.: Вентурі, 1997. – 191 с.
14. Пономарев В.Д. Аналитическая химия: В 2-х т.: Учебник для фармац. и мед. ин-тов. - М.: Высш.школа, 1982. – 288 с.
15. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод.- К.: Ніка-центр,2001.-262 с.
16. Яцик А.В. Картографічне зображення екологічної оцінки якості води Волинської області в сучасний період // Наук. праці укр. наук.-досл. гідромет. ін-ту. - Рівне.: НУВ та П, 2004. - С. 116-121.