



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра водних біоресурсів

05-03-63

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт
з навчальної дисципліни

«Водна токсикологія»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за спеціальністю 207 «Водні біоресурси
та аквакультура»
спеціалізації «Охорона, відтворення та раціональне
використання гідробіоресурсів» денної і заочної форм
навчання

Рекомендовано
науково-методичною комісією
зі спеціальності
207 «Водні біоресурси та
аквакультура»
Протокол № 8 від 20.12.2018

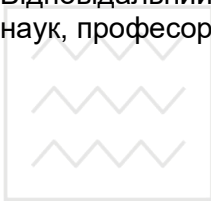
Рівне – 2019



Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Водна токсикологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура» спеціалізації «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів» денної і заочної форм навчання / Гроховська Ю.Р., Кононцев С.В. – Рівне: НУВГП, 2019. – 35 с.

Упорядники: Гроховська Ю.Р. – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри водних біоресурсів; Кононцев С.В. – канд. техн. наук, доцент кафедри водних біоресурсів.

Відповідальний за випуск: Сондак В.В., доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри водних біоресурсів.



Зміст

1. Характеристика, поширення та токсичні властивості основних лужних та лужноземельних металів	3
2. Характеристика, поширення та токсичні властивості важких металів	7
3. Характеристика, поширення та токсичні властивості стійких органічних сполук	13
4. Природні токсини, які продукують гідробіонти	24
5. Самостійна робота «Цікава водна токсикологія»	32
Рекомендована література	35

© Гроховська Ю.Р., Кононцев С.В., 2019

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2019



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування



1. Характеристика, поширення та токсичні властивості основних лужних та лужноземельних металів

Мета: ознайомитися з характеристикою основних токсичних лужних та лужноземельних металів, які забруднюють водне середовище

Теоретична частина. За сучасною номенклатурою Міжнародного союзу фундаментальної та прикладної хімії (International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC), *лужні метали* – це хімічні елементи першої групи періодичної системи: літій (Li), натрій (Na), калій (K), рубідій (Rb), цезій (Cs) і францій (Fr). Водень (H) номінально теж є елементом цієї групи, але не є лужним металом. Всі лужні метали реагують з водою утворюючи розчинні гідроксиди, які називають їдкими *лугами* (звідси походить і назва групи), при цьому важчі лужні метали реагують енергійніше ніж легші. Лужні метали дуже поширені у природі; найпоширенішим є натрій, далі йдуть калій, літій, рубідій, цезій і, нарешті, францій, який трапляється дуже рідко через його надзвичайно високу радіоактивність. У природі лужні метали існують винятково у вигляді сполук, що містять однозарядні катіони, через високу відновлювальну активність.

Найважливіше значення для водних екосистем мають натрій і калій, вони є головними катіонами у природних водах і визначають їх клас за хімічним складом [3]. Калій є основним катіоном всередині клітин тварин, тоді як натрій є основним позаклітинним катіоном. Різниця концентрацій цих заряджених частинок викликає різницю в електричному потенціалі між внутрішньою і зовнішньою поверхнею мембрани клітин, яка відома як мембранний потенціал.

Лужноземельні метали – це хімічні елементи другої групи періодичної системи за класифікацією IUPAC: берилій (Be), магній (Mg), кальцій (Ca), стронцій (Sr), барій (Ba) та радій (Ra). Свою назву ця група металів отримала через їхні оксиди, які мають землянистий вигляд і дають у воді лужну реакцію. Лужноземельні метали менш хімічно



активні, ніж лужні, проте в природі у вільному стані теж не зустрічаються. Важчі лужноземельні метали реагують більш енергійно, ніж легші.

Кальцій є п'ятим за поширенням елементом в земній корі (3,38%). Вміст кальцію в морській воді - 400 мг / л. Дещо менше у земній корі магнію – 2,35%. Великі кількості магнію знаходяться в морській воді у вигляді розчину солей (0,12-0,13%). Широко зустрічаються барій і стронцій – відповідно 0,05 та 0,034% від маси земної кори. Берилій є рідкісним, а радій – найбільш рідкісним лужноземельним металом. Радій радіоактивний і міститься у невеликих кількостях в уранових рудах [3].

Завдання

1. Використовуючи рекомендовану літературу, ознайомитись з особливостями поширення лужних і лужноземельних металів, їх функціями в організмі гідробіонтів та токсичними властивостями. Заповнити узагальнюючу таблицю і зробити відповідні висновки.

Елемент	Особливості поширення у літосфері, гідросфері або у біосфері	Функції в організмі гідробіонтів	Особливості токсичної дії на організм гідробіонтів	Характерні ознаки отруєння	Антропогенні джерела	ГДК
1	2	3	4	5	6	7

2. Використовуючи відомі значення ГДК, скласти градацію зростання токсичного впливу лужних та лужноземельних металів на гідробіонтів (Елемент 1 < Елемент 2 < Елемент 3 < ...)

3. Розв'язати тестові завдання

1 рівень (одна правильна відповідь)

1. Метал, який у кістках міститься у вигляді гідроксиapatиту
K Mg Ra Ca Li



2. Які елементи, що містять однозарядні катіони, у природі існують винятково у вигляді сполук, через їх високу відновлювальну активність?

Лужноземельні метали

Лужні метали

Важкі метали

Металоїди

Луги

3. Характерною ознакою отруєння риб солями цього елемента є темне забарвлення тіла

Mg Sr Ba Na K

4. Характерною ознакою отруєння риб солями цього елемента є знебарвлення, збліднення зовнішніх покривів.

Mg Sr Ba Na K

5. Значні кількості цього елемента надходять у талі води, а звідти у ґрунтові води і далі у водойми за використання його хлориду проти обледеніння шосейних та міських доріг.

Mg Sr Ba Na K

6. Сполуки цього металу широко використовуються у харчовій (згущувачі, розпушувачі, емульгатори, підсилювачі запаху, консерванти) та у медичній (бромід, хлорид, йодид, оротат, перманганат, ацетат та ін.) промисловості.

Mg Sr Ba Na K

7. Найбільш поширений лужноземельний метал, кількість якого складає 3,38% від маси земної кори.

Sr Ba Na K Mg Ca

8. Радіоактивний елемент, який міститься у невеликих кількостях в уранових рудах.

Ba Be Ra Na K

9. Цей метал в поверхневій воді суші надходить через процеси хімічного вивітрювання і розчинення мінералів, перш за все вапняків, доломітів, гіпсу, силікатів і т.д.

Mg Ca Sr Ba Na K

10. Цей елемент у кістках міститься у вигляді гідроксиапатиту.



Na K Mg Ca Sr Ba

11. Іони цього металу беруть участь у процесах згортання крові та виступають одним з універсальних посередників у регуляції внутрішньоклітинних процесів, наприклад, екзоцитозу чи секреції гормонів та нейромедіаторів.

Mg Ca Sr Ba Na K

12. Цей елемент у поверхневій воді суші надходить у процесі хімічного вивітрювання і розчинення мергелів, магнезитів, доломітів та інших мінералів.

Sr Ba Mg Ca K

13. Цей елемент міститься у тканинах тварин і рослин, входить до складу хлорофілу, є кофактором багатьох ферментних реакцій, необхідний для синтезу АТФ. Проте підвищений вміст у воді викликає отруєння і загибель гідробіонтів від блокування діяльності нервової системи та зниження активності ферментів.

Sr Ba Mg Ca K

14. Високорадіотоксичний елемент, який накопичується у кістковій і кровотвірній тканинах, викликаючи остеопороз і розвиток злоякісних пухлин.

Ba Be Ra Na K

15. Радіоактивний продукт розщеплення цього елемента – газоподібний радон – є дуже небезпечним для гідробіонтів.

Ba Be Ra Na K

2 рівень (дві правильні відповіді)

16. Метали, які обумовлюють рівень жорсткості води

K Mg Ra Ca Li

17. Ці елементи виступають головними катіонами у природних водах і визначають клас вод за хімічним складом

Mg Sr Ba Na K

18. Найважливіші біоеlementи, які необхідні для мінерального обміну, беруть участь у осморегуляції, у генерації та проведенні біоелектричних імпульсів, активують ферменти тощо. Проте у високих концентраціях вони викликають локальні ураження зовнішніх покривів і внутрішніх органів.



Sr Ba Be Ra Na K

19. Всі сполуки цих металів отруйні для гідробіонтів і викликають їх загибель у низьких концентраціях.

Mg Ba Be Na K Sr

3 рівень (від 2 до 4 правильних відповідей)

20. Виберіть зі списку лужні метали

Mg Ca Sr Ba Na K

21. Виберіть зі списку метали, назва групи яких пов'язана з утворенням їдких лугів за взаємодії цих елементів з водою.

Mg Ca Li Na K Rb

22. Виберіть зі списку метали, які свою назву отримали через їхні оксиди, які мають землянистий вигляд і дають у воді лужну реакцію.

Mg Ca Sr Ba Na K

23. Виберіть зі списку лужноземельні метали

Mg Ca Sr Ba Na K

2. Характеристика, поширення та токсичні властивості важких металів

Мета: ознайомитися з характеристикою основних токсичних (неесенціальних) важких металів, які забруднюють водне середовище.

Теоретична частина. Важкі метали – нині нечітко визначена група хімічних елементів з металічними властивостями, які мають відносно високу густину (понад 5 г/см³), атомну масу або атомний номер. Використовувані критерії і те, чи включені металоїди, варіюються в залежності від автора і контексту. У металургії, наприклад, важкий метал, може бути визначений на основі густини, тоді як у фізиці основним критерієм може бути атомний номер, а у хімії – поведінка у хімічних реакціях. Незважаючи на відсутність остаточної згоди, термін «важкі метали» (множина або одна) широко застосовується в науці.

Група важких металів включає широкий спектр забруднюючих речовин – перехідні метали, деякі металоїди, лантаноїди і актиноїди. У наукових роботах,



присвячених проблемам забруднення навколишнього природного середовища та екологічного моніторингу, на сьогоднішній день до важких металів відносять більше 40 металів періодичної системи Д.І. Менделєєва з атомною масою понад 50 атомних одиниць: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi й ін. При цьому важливу роль у категорюванні важких металів відіграє їх висока токсичність у відносно низьких концентраціях, а також здатність до *біоаккумуляції* (накопичення у тканинах і органах живих організмів) і *біомагніфікації* (накопичення по трофічних ланцюгах) [3].

Проте, майже усі метали, які потрапляють під визначення важких (за винятком свинцю, ртуті, кадмію та вісмуту, а також миш'яку), беруть активну участь у біологічних процесах, входячи до складу ферментів, гормонів, вітамінів і т.д. Тому хімічні елементи цієї групи поділяють на есенціальні (біофільні) і неесенціальні [6]. До першої групи нині віднесено 25 хімічних елементів, таких як Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Co, Mo й ін., які необхідні для нормального перебігу фізіологічних процесів у організмах, у тому числі і гідробіонтів, але за високих рівнів вмісту у воді чи інших середовищах вони мають токсичну дію, а накопичення таких елементів в тканинах і органах живих організмів спричиняє порушення біохімічних процесів і фізіологічних функцій.

До групи неесенціальних хімічних елементів віднесені такі елементи як Hg, Cd, Pb, Bi і As, які відомі як високотоксичні, тобто викликають негативні зміни у життєдіяльності організмів навіть за дуже низьких концентрацій, а їх біологічна роль не визначена [3]. Встановлено, що деякі елементи, такі як ванадій або кадмій, які зазвичай мають токсичний вплив на живі організми, можуть бути корисними для деяких видів (Lane et al, 2005).

Такі елементи, як мідь, марганець, цинк, що трапляються в водоймах у малих кількостях, відіграють значну роль у житті водних організмів (вплив на ріст,



дихання, обмін, харчування, розмноження тощо). Однак, при збільшенні вмісту цих речовин у воді до певних концентрацій вони стають токсичними для гідробіонтів. При концентрації марганцю $0,001\text{--}0,002\text{ мг/дм}^3$ ріст водоростей прискорюється в 5–6 разів, а концентрація марганцю понад $0,02\text{--}0,01\text{ /дм}^3$ отруйна для більшості евтрофних організмів (Бессонов, Привезенцев, 1987).

Відповідно до даних щорічних інформаційно-аналітичних оглядів Міністерства екології та природних ресурсів України, випадки високого рівня забруднення поверхневих вод важкими металами за рибогосподарськими нормативами у басейні р. Дніпро спостерігали за вмістом заліза загального, хрому загального та цинку.

Завдання

1. Використовуючи рекомендовану літературу, ознайомитись з особливостями поширення важких металів, їх функціями в організмі гідробіонтів та токсичними властивостями. Заповнити узагальнюючу таблицю і зробити відповідні висновки.

Елемент	Особливості поширення у літосфері, гідросфері або у біосфері	Особливості токсичної дії на організм гідробіонтів	Характерні ознаки отруєння	Антропогенні джерела	ГДК для рибогосподарських водойм	Допустимий вміст у рибопродуктах
1	2	3	4	5	6	7

2. Використовуючи відомі значення ГДК, скласти градацію зростання токсичного впливу важких металів на гідробіонтів (Елемент 1 < Елемент 2 < Елемент 3 < ...)
3. Використовуючи відомі значення допустимого вмісту у рибопродуктах, скласти градацію погіршення якості рибної продукції (Елемент 1 > Елемент 2 > Елемент 3 > ...)



4. Розв'язати тестові завдання

1 рівень (одна правильна відповідь)

1. Який із перелічених відносяться до групи неесенціальних хімічних елементів?

Na K Ca Hg Mg

2. Джерелом забруднення поверхневих вод цим важким металом є поверхневий змив із сільськогосподарських угідь, де використовуються пестициди - каломель, сулема, металоорганічні комплексні сполуки.

Na K Ca Hg Mg

3. Які організми у водному середовищі перетворюють ртуть (Hg^{2+}) у високотоксичну метилову ртуть ($\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$)?

безхребетні

водорості

риби

мікроорганізми

планктон

4. Який символ пропущено у формулі високотоксичної метилової ртуті ($\text{Hg}(\text{CH}_3)\dots$)?

1 2 3 4 5

5. Підвищення токсичності цього важкого металу спостерігається у низькомінералізованих водах зі зниженим рН.

Hg Ca As Pb Li

6. Значне підвищення вмісту цього важкого металу у навколишньому середовищі пов'язане зі спалюванням твердого палива, виносом зі стічними водами рудозбагачувальних комбінатів, металургійних заводів, шахт, хімічних підприємств, застосуванням на транспорті у складі антидетонатора для двигунів внутрішнього згорання.

Pb Li Hg Ca As

7. В організмі риб цей елемент виступає аналогом кальцію і включається в обмінні процеси, надходячи через зябра по кальцієвому каналу.

Hg Ca As Pb Li



8. Надходження цього елемента в організм коропових видів риб зміщує їх азотистий обмін у бік активації процесів катаболізму білків, що призводить до зниження маси тіла, виснаження.

As Pb Hg Ca Li

9. Загальний характер токсичної дії цього елемента на живе населення водойм пов'язаний з його здатністю заміщувати фосфор у біосполуках і внаслідок цього змінювати перебіг біохімічних процесів.

Hg Ca Cu Pb As

10. Комплексні сполуки цього металу не мають токсичного впливу на живі організми, іони - для прісноводних риб, як правило, більш токсичні, ніж іони всіх інших металів (за виключенням ртуті).

Mn Cu Zn Cr Co

11. Цей метал надходить у рибогосподарські водойми у результаті застосування альгоцидних препаратів для знищення водоростей.

Mn Cu Zn Cr Co

12. У вільному вигляді цей метал зрідка зустрічається у вигляді самородків, інколи значних розмірів (декілька тонн).

Mn Cu Zn Cr Co

13. За наявності у воді значної кількості кальцію токсична дія цього важкого металу на гідробіонтів знижується.

Mn Cu Zn Cr Co

14. Цей метал входить до складу ферментів і бере участь у багатьох біохімічних процесах. Зокрема нині ідентифіковано більше 20 металоферментів, зокрема, карбоангідраза, лужна фосфатаза, алкогольдегідрогеназа і т.д.

Cu Zn Mn Cr Co

15. Суть токсичного впливу цього есенціального важкого металу на водні екосистеми полягає у гальмуванні фотосинтезу фітопланктону, що знижує первинну продукцію водойм і підриває кормову базу зоопланктону і риб.



Cr Mn Cu Zn Co

16. Токсичність цього важкого металу для риб у багато разів вище, ніж для теплокровних тварин.

Co Mn Cu Zn Cr

17. Токсичність сполук цього металу залежить від валентності: найтоксичніші сполуки (VI), високотоксичні сполуки (III), металічний і двовалентний (II) менш токсичні.

Mn Cu Zn Cr Co

18. Цей елемент входить до складу вітаміну B₁₂, є коферментом мутаз, які каталізують перенесення водневих іонів, бере участь у процесах метилювання.

Mn Cu Zn Cr Co

19. Цей елемент відноситься до групи металів, здатних блокувати канали надходження в організм Ca, порушуючи кальцієвий метаболізм гідробіонтів, особливо у м'якій воді. Основним шляхом надходження його до організму риб є зябра.

Mn Cu Zn Cr Co

20. Цей метал відноситься до помірно токсичних елементів і виступає антагоністом міді та алюмінію.

Mn Cu Zn Fe Co

21. Підвищений вміст цього важкого металу у вигляді комплексних сполук з солями гумінових кислот спостерігається у болотних водах.

Mn Cu Zn Fe Co

22. Цей метал завжди присутній у складі природних вод у різних формах, які визначаються рН (активною реакцією) і Eh (відновним потенціалом) водного середовища. У двовалентному вигляді знаходиться тільки за низьких рН.

Mn Cu Zn Fe Co

23. У тварин, рослин та грибів цей елемент входить до складу гемного комплексу.

Mn Cu Zn Fe Co

24. Наявність окислених форм цього елемента у водному середовищі супроводжується зв'язуванням кисню, внаслідок чого формується кисневий дефіцит і гідробіонти гинуть від задухи.



Mn Cu Zn Fe Co

25. Забруднюють середовище цим важким металом продукти корозії, викиди транспорту і т.д.

Mn Cu Zn Fe Co

26. Металоїд, який на сучасному етапі розвитку людського суспільства став одним із значимих компонентів забруднення навколишнього середовища з високим ступенем токсичності

Mn Cu Zn Se Co

2 рівень (дві правильні відповіді)

27. Виберіть хімічні елементи, які відносяться до групи неесенціальних, та відомі як високотоксичні, тобто викликають негативні зміни у життєдіяльності організмів навіть за дуже низьких концентрацій, а їх біологічна роль не визначена.

Na K Ca Cd Bi

28. Виберіть зі списку токсичні металоїди

Ртуть

Кадмій

Мідь

Свинець

Миш'як

Селен

29. Виберіть зі списку токсичні металоїди

Mn Cu Zn Se Co Cr As

30. Виберіть зі списку есенціальні елементи

Ртуть

Кадмій

Мідь

Свинець

Миш'як

Селен

31. Виберіть зі списку хімічні елементи, які відносяться до групи есенціальних (біофільних) важких металів

Zn Cr Cd Pb Bi As

3 рівень (від 2 до 4 правильних відповідей)



32. Виберіть хімічні елементи, які відносяться до групи неесенціальних, та відомі як високотоксичні і викликають негативні зміни у життєдіяльності організмів навіть за дуже низьких концентрацій, а їх біологічна роль не визначена.

Na K Ca Hg Cd Pb Bi

3. Характеристика, поширення та токсичні властивості стійких органічних сполук

Мета: ознайомитися з характеристикою основних токсичних стійких органічних сполук, які забруднюють водне середовище.

Теоретична частина. *Нафта* – природна масляниста горюча рідина зі специфічним запахом, що складається зі складної суміші вуглеводнів різної молекулярної маси і деяких інших хімічних сполук. Слово «petroleum», що означає «нафта» в англійській та деяких інших мовах, утворено складанням двох слів: грец. πέτρα – камінь і лат. oleum – олія (масло), тобто буквально «кам'яна олія»; інше англійське слово для позначення нафти «oil» – олія.

Нафта складається в основному із насичених аліфатичних та гідроароматичних вуглеводнів і містить гетеросполуки металів та специфічні компоненти.

Нафтове забруднення водойм має багатовекторну дію на водні екосистеми і настільки згубно відбивається на їх функціонуванні та рибному господарстві, що вважається небезпекою номер один. Надходячи у водне середовище, нафта спочатку розтікається по поверхні води у вигляді різнокольорової плівки, яка порушує газообмін на межі розділення фаз, формуючи кисневий дефіцит у водоймі та змінює склад спектру й інтенсивність проникнення світла у водну товщу. Через тонкі плівки сирі нафти проходить 1 – 10% світла з довжиною хвилі 280 нм і 60 – 70% з довжиною хвилі 400 нм. Плівка товщиною 30 – 40 мкм повністю поглинає інфрачервоне випромінювання [3].

За кольором плівки можна визначити її товщину, обсяги надходження нафти у водойму та оцінити в балах



за візуальною шкалою рівень нафтового забруднення (табл.1). Забруднення, яке оцінюється в 4-5 балів є екологічною катастрофою для водойми.

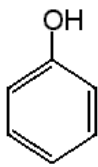
Таблиця 1
Оцінка нафтового забруднення водойм за візуальною шкалою [3]

Колір плівки	Товщина плівки, мкм	Обсяги надходження нафти, л/км ²	Бальна оцінка забруднення
Світло-сірі плівки незначної площі	0,038	44	1 бал
Сріблясті плівки і плями	0,076	88	2 бали
Ненасичені різнокольорові (веселкові) плівки	0,152	176	3 бали
Насичені яскраві різнокольорові (веселкові) плівки	0,305	352	
Темно-сірі або чорно-коричневі плівки нафти на більшій частині водойми	1,016	1170	4 бали
Чорна суцільна плівка, яка не розмивається при утворенні хвиль	2,032	2310	5 балів

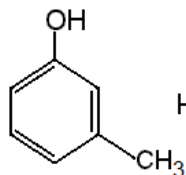
Феноли – це органічні сполуки ароматичного ряду, в молекулах яких гідроксильні групи -ОН зв'язані з атомами вуглецю ароматичного кільця.

За кількістю ОН-груп розрізняють:

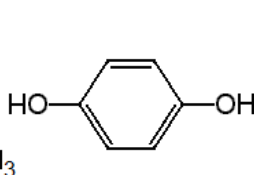
одноатомні феноли – фенол (C_6H_5OH) та його гомологи (крезол, ксиленол, пентахлорфенол); двоатомні феноли – гідрохінон, пірокатехін, резорцин; трьохатомні феноли – пірогалол, флороглюцин, гідроксигідрохінон і т. д.



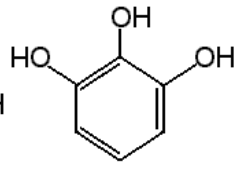
1



2



3



4



Рис. 1. 1 – фенол (C_6H_5OH); 2 – *m*-крезол ($CH_3C_6H_4OH$);
3 – гідрохінон ($C_6H_4(OH)_2$); 4 – пірогалол ($C_6H_3(OH)_3$)

Забруднена фенолами вода стає каламутною, набуває бурого кольору і вкривається плівкою, має запах карболової кислоти і гіркий присмак.

На початкових етапах забруднення водою риби здатні виявляти брудні зони за запахом і відходити у чисту воду. У місцях забруднення води фенолами знижується концентрація розчиненого кисню і зростає значення БСК₅. За тривалої дії забруднення або за високих концентрацій фенолів у воді здатність виявляти забруднені зони у риб втрачається внаслідок ушкодження рецепторного апарату. З часом у них розвивається фенольна інтоксикація та спостерігається масова загибель. Феноли відносяться до резорбтивних отрут нервово-паралітичної дії.

Симптомокомплекс отруєння риб фенолами проявляється у зміні поведінкових реакцій. Отруєння характеризується фазовим перебігом [3]:

фаза I – занепокоєння: риба веде себе неспокійно, широко розкриває рот, розправляє плавці, підвищується дихальний ритм; довготривале занепокоєння, більше 10-20 хвилин, може бути першим показником дії отрути;

фаза II – розлад чутливості: реакція на зовнішні подразники зникає – риба безвільно переливається з водою або зноситься течією, чи навпаки спостерігається гіперреакція на подразнення у вигляді намагання вистрибнути з води; дихання поверхневе неритмічне, дрижать щелепи і плавці;

фаза III – розлад рівноваги: спостерігається перевертання на бік, сильно напружуються плавці, що викликає втрату здатності до руху (атаксію); параліч плавального міхура;

фаза IV – агонія: повна втрата рівноваги приводить до повної нерухомості, блокування дихання і смерті; змінюється забарвлення тіла – риба має тьмяне



забарвлення, тіло вигнуте внаслідок одностороннього скорочення м'язів тулуба;

фаза V – трупне залякнення – повне затвердіння тіла і всіх плавців, хроматофори зникають, потім знову з'являються, утворюючи трупні плями.

Пестициди – це отрутохімікати, які використовуються у сільському, лісовому, садово-парковому господарстві, а також у тваринництві, зокрема і в рибництві, для боротьби із хвороботворними мікроорганізмами, паразитами, шкідниками або небажаними рослинами і тваринами. Проте, вони згубно діють не тільки на шкідників, а й здатні викликати хворобу чи загибель і корисних видів та спричиняти отруєння людей, які ними харчуються. Джерелами отруєння можуть бути безпосередньо отрутохімікати, забруднені вода, корми чи харчові продукти [3].

У 50-80-і рр. XX ст. у різних країнах світу широко застосовувалися *біоциди* для боротьби з так званими шкідливими, або «смітними», гідробіонтами: личинками кровосисних комах (*інсектициди*), кліщами (*акарициди*), водними макрофітами (*гербіциди*), водоростями – збудниками «цвітіння» води (*альгіциди*), моллюсками (*моллюскоциди*), «смітними» рибами (*іхтіоциди*). Проте дослідження впливу біоцидів на гідробіонтів і водні екосистеми в цілому показали, що вони мають велику кількість небажаних побічних ефектів та істотно порушують екологічну рівновагу у водоймах, у зв'язку з чим їх застосування останнім часом обмежується або повністю забороняється [2].

За хімічною природою діючої речовини пестициди поділяють на неорганічні (солі важких металів – ртуті, міді, цинку, кадмію і т.д.) і органічні (сполуки різного генезису органічної природи).

Найбільш різноманітною за структурою і векторами дії на водні екосистеми є група органічних пестицидів. Вони і найбільш потужні за параметрами впливу та



найбільш використовувані у господарській діяльності людини. Серед органічних пестицидів виділяють такі групи:

- хлорорганічні сполуки (ХОС);
- фосфорганічні сполуки (ФОС);
- ртутьорганічні сполуки (РОС);
- нітрофенольні сполуки;
- карбамати;
- синтетичні піретроїди та ін.

Найтоксичніші для водних екосистем *хлорорганічні пестициди*, найвідомішим представником яких є ДДТ (дихлордифенілтрихлоретан) [3], який в побуті називали «дуст» (рис. 2).

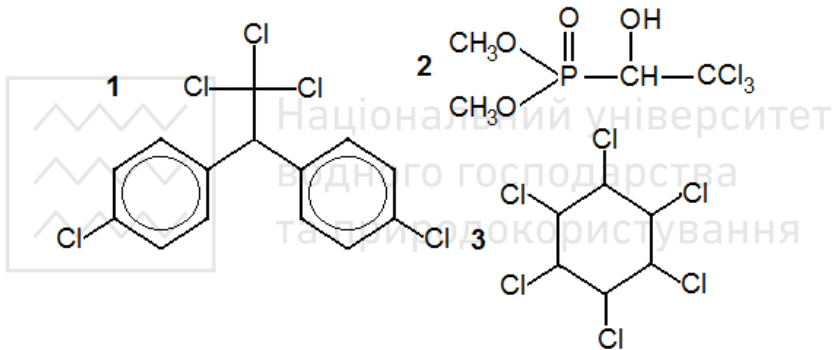


Рис. 2. 1 – дихлордифенілтрихлоретан (ДДТ); 2 – хлорофос;
3 – гексахлорциклогексан (ГХЦГ)

Риби і безхребетні тварини можуть тривалий час накопичувати отруту в своїх органах і тканинах. У риб токсичні речовини переважно акумулюються в печінці, селезінці, жировій тканині, взагалі в ліпідах, в яких вони добре розчинні (зокрема, хлорорганічні пестициди – ДДТ, гексахлоран). У молюсків токсиканти накопичуються в мантийній порожнині, в нозі (у двостулкових молюсків) і гепатопанкреасі. Деякі токсиканти акумулюються в м'язах.

Унаслідок накопичення токсикантів у риб розвивається *кумулятивний токсикоз*. При різких перепадах температури води, дефіциті кисню, в переднерестовий період і під час нересту акумульована



отрута може переходити в кров і викликати гостре отруєння. Наприклад, осетрові риби, що здійснюють далекі нерестові міграції і проходять через забруднені токсичними речовинами акваторії, гинуть майже відразу після початку виметування ікри. Хижі риби (судак, щука, жерех, окунь) можуть тривалий час накопичувати хлорорганічні пестициди, але гинуть в статевозрілому віці під час нересту, коли накопичена отрута потрапляє в кров і головний мозок.

Риби і крупні безхребетні, ослаблені унаслідок кумулятивного токсикозу, частіше стають жертвами хижаків, вражаються патогенними мікроорганізмами, а також менш здатні протидіяти екто- і ендопаразитам. У риб виникають токсикопаразитози, тобто змішані захворювання, в яких токсиканти і паразити ослабляють господаря і викликають його загибель. При масових токсикопаразитозах рибне господарство зазнає значних збитків.

Кумулятивний токсикоз може виникати не лише внаслідок прямого поглинання токсикантів з води. Однією із специфічних особливостей водних екосистем є *передача токсикантів по трофічних ланцюгах*: від водоростей і найпростіших, таких, що засвоюють хімічні речовини з навколишнього середовища осмотичним шляхом, до гідробіонтів-альгофагів, від них – до мирних риб, що харчуються планктоном, і далі до хижаків, що поїдають мирних риб. Саме хижаки (щука, окунь, судак, жерех), які завершують трофічні ланцюги водних екосистем, найвразливіші, оскільки вони виступають кінцевими концентраторами токсикантів у трофічних ланцюгах.

У проміжних ланках трофічних ланцюгів також відбувається накопичення токсикантів. Наприклад, дафнії і інші гіллястовусі рачки-фільтратори акумулюють хлорорганічні пестициди до концентрацій, що перевищують їх вміст у воді в тисячі разів. Як носії токсикантів вони небезпечні для організмів, що їх поїдають. В той же час, вилучаючи токсиканти з води,



фільтратори виступають як агенти самоочищення водних мас.

Негативним проявом накопичення токсикантів у трофічних ланцюгах є порушення відтворення безхребетних і риб, що веде до поступової деградації гідрофауни, скорочення видового різноманіття та зменшення біологічної продуктивності водойм. Такі зміни характерні не тільки для планктонних організмів, але і для мешканців донних відкладень, де токсиканти накопичуються разом з осідаючими завислими частинками і відмерлими зоопланктонами. З мулу токсиканти потрапляють в організм донних безхребетних, а через них – до бентосоїдних риб. Ступінь кумуляції токсичних речовин бентосними організмами може бути значно вищим, ніж планктонними, унаслідок чого бентосоїдні риби (лящ, сазан, сом, лин) із забруднених водойм загрожують здоров'ю при споживанні їх людиною.

Після вселення у водойми України рослиноїдних риб далекосхідного фауністичного комплексу (білий амур, білий і строкатий товстолобики) сформувалися нові трофічні ланцюги, по яких токсиканти поступають в організм цих риб. Так, планктофаг білий товстолобик одержує їх в основному через фітопланктон, а строкатий товстолобик — через зоопланктон. При поїданні вищих водних рослин токсиканти поступають в організм білого амура. У організм чорного амура токсиканти можуть поступати в значних кількостях через молюсків-фільтраторів, що є його основним кормом.



Завдання

1. Записати таблицю визначення обсягів надходження нафти у водойму за товщиною плівки та оцінку в балах за візуальною шкалою рівень нафтового забруднення.

2. Заповнити таблицю

Систематична група гідробіонтів	Концентрація, при якій проявляється токсична дія	Опис відхилень у розвитку
1	2	3

3. Записати ознаки симптомокомплексу отруєння риб фенолами.

4. Проаналізувати зміни в органах риб, загиблих від фенольного отруєння, і заповнити таблицю.

Орган, система органів	Опис змін у органах
1	2

5. Дайте відповідь на запитання

- 1) Як наявність нафти впливає на якість продукції аквакультури (риб і моллюсків)?
 - 2) Як відбувається очищення водойм від нафтового забруднення? Які небезпеки виникають у ході цих заходів?
 - 3) Перелічіть антропогенні джерела забруднення водойм фенолами.
 - 4) У чому полягає токсична дія пестицидів на водні екосистеми?
6. Розв'язати тестові завдання

1 рівень (одна правильна відповідь)

1. Який колір плівки має нафтове забруднення водойми за візуальною шкалою у 5 балів?

Світло-сірі плівки незначної площі

Сріблясті плівки і плями

Ненасичені різнокольорові (веселкові) плівки

Темно-сірі або чорно-коричневі плівки нафти на більшій частині водойми

Чорна суцільна плівка, яка не розмивається при утворенні хвиль



2. Який колір плівки має нафтове забруднення водойми за візуальною шкалою у 3 бали?

- Світло-сірі плівки незначної площі
- Сріблясті плівки і плями
- Ненасичені різнокольорові (веселкові) плівки
- Темно-сірі або чорно-коричневі плівки нафти на більшій частині водойми
- Чорна суцільна плівка, яка не розмивається при утворенні хвиль

3. Який колір плівки має нафтове забруднення водойми за візуальною шкалою у 1 бал?

- Світло-сірі плівки незначної площі
- Сріблясті плівки і плями
- Ненасичені різнокольорові (веселкові) плівки
- Темно-сірі або чорно-коричневі плівки нафти на більшій частині водойми
- Чорна суцільна плівка, яка не розмивається при утворенні хвиль

4. Ці токсичні речовини мають антисептичні властивості і застосовуються для дезінфекції в медичній та фармакологічній промисловості, в медичних і санаторних закладах.

- Нафтопродукти
- Парафіни
- Олефіни
- Феноли
- Важкі метали

5. При надходженні яких сполук у водойми вода набуває бурого кольору, стає каламутною, покривається плівкою, набуває запаху карболової кислоти та гіркого присмаку?

- Нафтопродукти
- Парафіни
- Олефіни
- Феноли
- Важкі метали



6. Який з перелічених пестицидів відноситься до надвисоко стабільних забрудників – у ґрунті зберігається 12 і більше років?

- Гептахлор
- Хлорофос
- Метафос
- Карбофос
- ДДТ

7. Токсичність яких речовин проявляється у пригніченні ферментативної активності ацетилхолінестерази та інших естераз, що спричиняє накопичення в синапсах нейромедіатора ацетилхоліну і блокує передачу нервових імпульсів, та супроводжується дистрофічними змінами і загибеллю нервових клітин від гіпоксії?

- ДДТ і ГХЦГ
- фосфорорганічних пестицидів
- хлорорганічних пестицидів
- синтетичних піретроїдів

2 рівень (дві правильні відповіді)

8. Яке нафтове забруднення вважається екологічною катастрофою для водойми?

- Світло-сірі плівки незначної площі
- Сріблясті плівки і плями
- Ненасичені різнокольорові (веселкові) плівки
- Темно-сірі або чорно-коричневі плівки нафти на більшій частині водойми
- Чорна суцільна плівка, яка не розмивається при утворенні хвиль

9. Які пестициди використовуються для боротьби з ектопаразитами риб, інші надходять у водойми з атмосферними опадами, поверхневими стоками з оброблюваних ФОС сільськогосподарських угідь, або зі стічними водами сільгоспідприємств.

- Гептахлор
- Хлорофос
- Метафос
- Карбофос



ДДТ

10. Ці речовини є складними ефірами фосфонової, фосфорної, тіофосфорної, дитіофосфорної або пірофосфорної кислот

Гептахлор

Хлорофос

Метафос

Карбофос

ДДТ

3 рівень (від 2 до 5 правильних відповідей)

11. Які з перелічених речовин відносяться до групи менш токсичних, оскільки руйнуються при термічній обробці рибної сировини і не залишають токсичних метаболітів, які можуть складати небезпеку для людини?

Гексахлорбензол

Пропанід

Гептахлор

Хлорофос

Метафос

Карбофос

12. Які фосфорорганічні сполуки є серед переліку пестицидів?

Гексахлорбензол

Пропанід

Гептахлор

Хлорофос

Метафос

Карбофос

ДДТ

ГХЦГ

13. Які хлорорганічні пестициди є у наступному переліку?

Гексахлорбензол

Пропанід

Гептахлор

Хлорофос

Метафос

Карбофос



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДДТ
ГХЦГ



Національний університет
водного господарства
та природокористування



4. Природні токсини, які продукують гідробіонти

Мета: ознайомитися з характеристикою основних природних токсинів, які продукують гідробіонти (водорості, вищі водні рослини, безхребетні, риби).

Теоретична частина. Токсини – це отруйні речовини, які продукуються живими організмами, а потрапляючи в інший організм, здатні викликати його хворобу або загибель [3]. Вони мають різноманітну хімічну структуру – від простих речовин до дуже складних макромолекул, і різняться механізмами дії.

Нині відомо багато бактеріальних, грибкових, рослинних і тваринних токсинів, які мають потужну отруйну дію на гідробіонтів, а через них і на людину, як споживача біоресурсів та води. Природні токсини можуть бути продуктами метаболізму організмів, а можуть синтезуватися ними цілеспрямовано для захисту від ворогів та кормових конкурентів чи для атаквальних дій на харчові об'єкти.

Токсичні види трапляються серед динофітових, золотистих, синьозелених та зелених водоростей. Найважливіше екологічне і токсикологічне значення для водних екосистем мають токсини синьозелених водоростей (відділ *Cyanophyta*). У воді водойм, де спостерігається «цвітіння», накопичуються токсичні речовини (продукти життєдіяльності водоростей та супроводжуючих їх бактерій) і велика кількість органічних речовин, що виступає поживним середовищем для бактерій, у тому числі і патогенних. Нестача кисню призводить до літніх задух риби та інших гідробіонтів, а також гальмує процеси самоочищення і мінералізації органічних речовин. Все це сприяє накопиченню у воді все більшої кількості різноманітних шкідливих речовин, більшість з яких є небезпечними для людини (токсини, канцерогени, алергени). При бродінні та розкладанні водоростей у воді накопичується ацетон, масляна та оцтова кислота, бутиловий спирт, феноли, аміни.



Прижиттєві й посмертні виділення синьозелених водоростей виступають найсильнішими отрутами, які поєднуються під загальною назвою ціанотоксини. Вони добре розчинні у воді, безбарвні, не мають запаху, досить стійкі (термічно не руйнуються), що сприяє їхньому накопиченню у воді та передачі по трофічних ланцюгах. У більшості синьозелених водоростей активне утворення токсинів відбувається за рН середовища 8,5 – 10,0 і температурі води в 25 – 28°C. Токсини водоростей зберігають свою активність у водному середовищі впродовж 20-ти діб.

Вищі водні рослини утворюють отруйні речовини, переважно поліфенольної природи. Ці органічні сполуки вищі рослини виділяють для пригнічення росту, розвитку і здатності до розмноження інших організмів, переважно планктонних синьозелених водоростей. Згідно гіпотези про алелопатичну взаємодію, хімічна дія вищої водної рослинності на водорості визначається в основному не фенолами, а утвореними при їх окисненні хінонами, які характеризуються набагато більшою біологічною активністю.

Високою здатністю до синтезу токсинів різної природи відзначаються і кишковопорожнинні, зокрема губки, поліпи і медузи. У губках міститься широкий спектр біологічно активних сполук з антибіотичними, цитостатичними і токсичними властивостями. За своєю хімічною природою активні сполуки губок дуже різноманітні. Серед них є *сесквітерпеноїди*, гетероциклічні сполуки, стерини, біогенні аміни і токсичні білки, у тому числі *суберитин*, виділений з пробкової губки *Suberites domuncula*. Суберитин представляє собою гомогенний білок з нейротоксичною активністю, яка залежить від наявності залишків триптофану в його молекулі. Суберитин гемолізує еритроцити, він здатний гідролізувати АТФ, має паралітичну дію на гідробіонтів, у людини викликає алергічні реакції і подразнення шкіри.



Гідроїдні і коралові поліпи та актинії синтезують токсини білкової і небілкової природи. *Еквінотоксин*, виділений із тканин актинії, має білкову структуру і характеризується гіпотензивною дією, викликає брадикардію і апное. Друга фаза його дії спричиняє порушення серцевої діяльності та гемоліз еритроцитів.

Найбільш складним за структурою і високо отруйним небілковим токсином є палітоксин, виділений із м'яких коралів *Palythoa toxica*, які поширені біля берегів Таїті та Гавайських островів. Механізм дії палітоксину не повністю встановлений. Відомо, що він зв'язується з Na^+ , K^+ - АТФазами клітин нервової тканини, серця, еритроцитів і утворює у місцях зв'язування пори в цитоплазматичних мембранах, у результаті чого клітини втрачають іони K^+ і Ca^{2+} та гинуть. Летальний ефект настає через 5-30 хв. у результаті звуження судин, аритмії, коронарних спазмів і зупинки дихання. У сублетальних дозах палітоксин має високу протипухлинну активність. У різних джерелах наукової інформації досить часто зустрічається інформація щодо вивчення можливості застосування палітоксину у ролі хімічної зброї [3].

Завдання

1. Використовуючи рекомендовану літературу, ознайомитись з характеристикою основних природних токсинів, які продукують гідробіонти. Заповнити узагальнюючу таблицю і зробити відповідні висновки.

Систематична група (вид, рід, родина тощо)	Назви токсинів	Механізм дії токсинів	Ознаки розвитку отруєння тварин і людини	Зафіксована летальна дія на організм людини (так/ні)
1	2	3	4	5

2. Дайте відповідь на питання

- 1) Як називають прижиттєві й посмертні виділення синьозелених водоростей, які є найсильнішими отрутами?



- 2) Як називають отруйні речовини, які продукуються живими організмами, а потрапляючи в інший організм, здатні викликати його хворобу або загибель?
- 3) Яка мета синтезу токсинів живими організмами?
- 4) Що вважається причиною сучасного збільшення чисельності отруйних медуз?
- 5) Чому виникає і які наслідки для організму риб має специфічний В₁-авітаміноз?

3. Розв'язати тестові завдання

1 рівень (одна правильна відповідь)

1. Який вид гідробіонтів продукує суберитин - гомогенний білок з нейротоксичною активністю, яка залежить від наявності залишків триптофану в його молекулі?

Anabaena flos-aquae

Aphanisomenon flos-aquae

Microcystis aeruginosa

Ptychodiscus breve

Suberites domuncula

2. Який вид гідробіонтів продукує суберитин, який гемолізує еритроцити та здатний гідролізувати АТФ, має паралітичну дію на гідробіонтів, у людини викликає алергічні реакції та подразнення шкіри?

Anabaena flos-aquae

Aphanisomenon flos-aquae

Microcystis aeruginosa

Ptychodiscus breve

Suberites domuncula

3. Який вид гідробіонтів продукує цілу групу ліпофільних бреветоксинів, з яких найбільш активним є бреветоксин-а, що викликає масову загибель риби й інтоксикацію людей на берегах Флориди і в Мексиканській затоці?

Anabaena flos-aquae

Aphanisomenon flos-aquae

Microcystis aeruginosa

Ptychodiscus breve

Suberites domuncula



4. Який вид гідробіонтів продукує складний за структурою і високо отруйний небілковий токсин – палітоксин?

Aphanisomenon flos-aquae

Microcystis aeruginosa

Ptychodiscus breve

Suberites domuncula

Palythoa toxica

5. Ці гідробіонти продукують токсини, серед яких є сесквітерпеноїди, гетероциклічні сполуки, стерини, біогенні аміни і токсичні білки, у тому числі суберитин.

Синьозелені водорості

Динофітові водорості

Пробкова губка

М'які корали

Сцифоїдні медузи

Вищі водні рослини

6. Ці гідробіонти продукують токсини поліфенольної природи.

Синьозелені водорості

Динофітові водорості

Пробкова губка

М'які корали

Сцифоїдні медузи

Вищі водні рослини

7. Ці гідробіонти виділяють токсичний пептид — ризостомін, який викликає у тварин дихальний параліч і смерть.

Синьозелені водорості

Динофітові водорості

Пробкова губка

М'які корали

Сцифоїдні медузи

Вищі водні рослини

8. У організмі цих гідробіонтів утворюється тетродотоксин – гетероциклічна сполука з гуанідиноювою групою.

Динофітові водорості

Пробкова губка



Мякі корали
Сцифоїдні медузи
Вищі водні рослини
Голкочеревні риби

9. За хімічною природою ці токсини *Aphanisomenon flos-aquae* – похідні гуанідину, слабкі основи. Механізм їх дії полягає у блокуванні іонотранспортної ділянки Na⁺-каналу у мембранах клітин гуанідиноюю групою молекули.

афантотоксини
анатоксини
мікроцистини
бреветоксини
поліфеноли

10. Ці речовини ціаней *Aphanisomenon flos-aquae* є ендотоксинами, які зберігаються всередині здорових клітин і вивільняються тільки після їх лізису.

афантотоксини
анатоксини
мікроцистини
бреветоксини
гуанотоксини

11. Як називаються токсини *Ptychodiscus breve*?

афантотоксини
анатоксини
мікроцистини
бреветоксини
гуанотоксини

12. Як називаються токсини, які продукує *Microcystis aeruginosa*?

афантотоксини
анатоксини
мікроцистини
еротоксини
генотоксини

13. Як називаються токсини *Anabaena flos-aquae*?

афантотоксини
анатоксини



мікроцистини
акветоксини
флотоксини

14. Як називаються токсини, які продукує вища водна рослинність?

афантотоксини
анатоксини
мікроцистини
бреветоксини
поліфеноли

15. Як називаються токсини, які продукують динофітові водорості?

афантотоксини
анатоксини
мікроцистини
бреветоксини
гуано токсини

16. Впродовж якого часу токсини синьозелених водоростей зберігають свою активність у водному середовищі?

1 година
24 години
5-7 діб
10 діб
20 діб

2 рівень (дві правильні відповіді)

17. Вкажіть афантотоксини *Aphanisomenon flos-aquae*

Анатоксин-а
Анатоксин-а(s)
Неосакситоксин
Сакситоксин
Бреветоксин
Мікроцистин-а

18. Виберіть зі списку токсини *Anabaena flos-aquae*

Анатоксин-а
Анатоксин-а(s)
Неосакситоксин
Сакситоксин



Бреветоксин
Мікроцистин-а

19. У крові яких гідробіонтів виявлено небезпечні для людини іхтіоهماتоксини?

- у поліхет
- у вугра
- у мурени
- у медузи
- у актиній

3 рівень (від 2 до 4 правильних відповідей)

20. Які ознаки властиві ціанотоксинам?

- добре розчинні у воді
- нерозчинні у воді
- безбарвні
- забарвлені у різні відтінки синьозеленого кольору
- не мають запаху
- мають різкий болотяний запах
- термічно не руйнуються
- руйнуються під впливом високої температури

21. Питання на співставлення терміну та його визначення

- 1) Фермент, який активується у процесі специфічного В₁-авітамінозу у риб, що розвивається під впливом токсинів синьозелених водоростей.
- 2) Один з афантотоксинів *Aphanisomenon flos-aquae*.
- 3) Цей токсин виділений із м'яких коралів, які поширені біля берегів Таїті та Гавайських островів.
- 4) Симптомами отруєння цим токсином динофітових водоростей у людей є рясне слиновиділення, сильний нежить, в'ялий параліч м'язів, самовільна дефекація. Смерть настає у результаті зупинки дихання.
- 5) Це дуже токсичний метаболіт синьозелених водоростей для водних безхребетних – коловерток, дафній і циклопів; риби здатні накопичувати цей токсин. Він стійкий до термічної обробки і навіть здатен підвищувати свою токсичність після кип'ятіння.

мікроцистин
тіаміназа



Національний університет
водного господарства
та природокористування

палітоксин
бреветоксин
сакситоксин



Національний університет
водного господарства
та природокористування



5. Самостійна робота «Цікава водна токсикологія»

Кросворд 1. Характеристика, поширення та токсичні властивості металів та металоїдів



По-горизонталі: 1. Група з хімічних елементів (Hg, Cd, Pb, Bi і As), які відомі як високотоксичні, тобто викликають негативні зміни у життєдіяльності організмів навіть за дуже низьких концентрацій, а їх біологічна роль не визначена. 2. Характерною і відмінною ознакою отруєння риб солями цього лужного металу є знебарвлення, збліднення зовнішніх покривів. 3. Важкий метал, який викликає отруєння безхребетних та риб, маючи гемолітичну, ензиматичну, канцерогенну та тератогенну дію. Підвищення його токсичності спостерігається у низько мінералізованих водах зі зниженим рН. 4. Лужний метал, який накопичується у солоній воді озер і навіть основні промислові його запаси зосереджені у ропі соляних озер. 5. Значне підвищення вмісту цього важкого металу у навколишньому середовищі пов'язане зі спалюванням твердого палива, виносом зі стічними водами рудозбагачувальних комбінатів, металургійних заводів, шахт, хімічних підприємств,



застосуванням на транспорті у складі антидетонатора для двигунів внутрішнього згоряння.

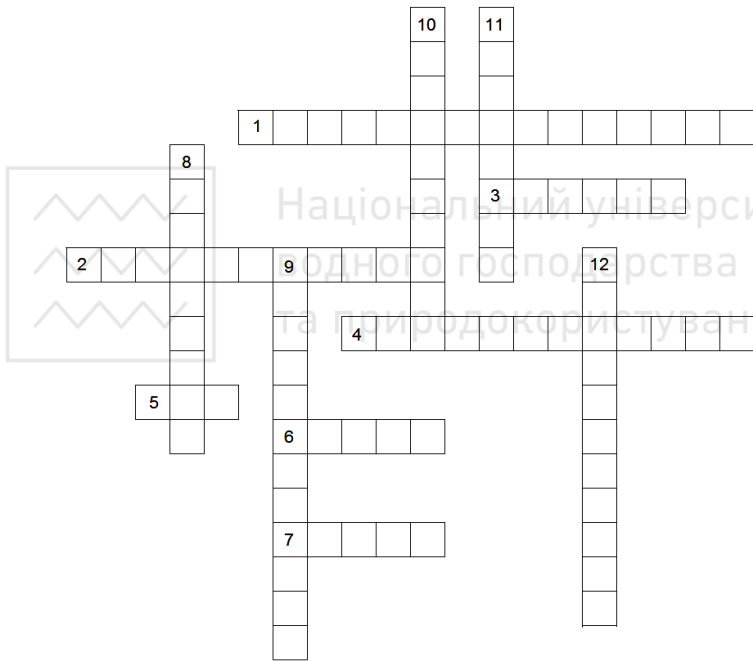
По-вертикалі: 6. Потужними джерелами забруднення водойм солями цього важкого металу виступають поверхневий змив із сільськогосподарських угідь, де використовуються ртутні пестициди (каломель HgCl , сулема HgCl_2 , ртутьорганічні комплексні сполуки), і стічні води хімічної та медичної промисловості. 7. Металоїд, який на сучасному етапі розвитку людського суспільства став одним із значимих компонентів забруднення навколишнього середовища з високим ступенем токсичності, та має три рівні біологічної активності. 8. Лужноземельний метал, який у поверхневій воді суші надходить у процесі хімічного вивітрювання і розчинення мергелів, магнезитів, доломітів та інших мінералів. 9. Лужноземельний високорадіотоксичний елемент, який накопичується у кістковій і кровотворній тканинах, викликаючи остеопороз і розвиток злоякісних пухлин. 10. Цей елемент формує зовнішній та внутрішній скелет тварин, але у підвищених концентраціях у воді токсичний для безхребетних та риб, викликаючи порушення процесів регенерації та відтворення. 11. Отруйні речовини.

Кросворд 2. Характеристика та токсичні властивості стійких органічних сполук.

По-горизонталі: 1. Група пестицидів, які є складними ефірами фосфонової, фосфорної, тіофосфорної, дитіофосфорної і пірофосфорної кислот. 2. Нейромедіатор, який накопичується в синапсах під впливом фосфорорганічних пестицидів, який проявляється у пригніченні ферментативної активності ацетилхолінестерази та інших естераз. 3. Органічні сполуки ароматичного ряду, в молекулах яких гідроксильні групи зв'язані з атомами вуглецю ароматичного кільця. 4. Дія нафти і нафтопродуктів, яка проявляється у блокуванні синтезу РНК і ДНК та хромосомних абераціях в організмах гідробіонтів різних рівнів організації – від найпростіших до риб та водних ссавців. 5. Найвідоміший хлорорганічний



пестицид, на використання якого з 2001 року діє міжнародна заборона від ООН. 6. Складна суміш вуглеводнів з широким діапазоном молекулярних мас і структур, які формують в'язку маслянисту рідину темно-коричневого кольору зі слабо вираженою флюоресценцією. 7. Це стійкі до нафтового забруднення гідробіонти, які фільтруючи морську воду, звільняють її від емульсованої нафти, переводячи її у псевдофекалії, які осідають на дно і адсорбуються донними мулами.



По-вертикалі: 8. Отрутохімікати, які використовуються для боротьби із хвороботворними мікроорганізмами, паразитами, шкідниками або небажаними рослинами і тваринами. 9. Кислота з інсектицидною активністю, похідними якої є синтетичні піретроїди. 10. Двоатомний фенол. 11. Фосфорорганічний



Національний університет
водного господарства
та природокористування

пестицид. 12. Пестициди, які застосовують для боротьби з шкідливими комахами.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Рекомендована література

1. Беспалова Л. Е., Оліфіренко В. В., Рачковський А. В. Водна токсикологія: навчальний посібник. Херсон : ВЦ «Колос», 2011. 131 с.
2. Гроховська Ю. Р., Кононцев С. В., Колесник Т. М. Біологічний моніторинг водного середовища : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2010. 161 с.
3. Дудник С. В., Євтушенко М. Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування [Монографія]. К. : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. 297 с.
4. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан та ін. ; за ред. В. Д. Романенка. К. : Логос, 2006. 408 с.
5. Мацнев А. І., Проценко С. Б., Саблій Л. А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2000. 504 с.
6. Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. 400 с.
7. Романенко В. Д. Основи гідроекології. К.: Обереги, 2001. 726 с.
8. Lane T. W., Saito M. A., George G. N. Biochemistry: A cadmium enzyme from a marine diatom. *Nature*, 2005. Vol. 435, No 7038. P. 42.