

ЛІТЕРАТУРА

1. Белоконь Е. М. Генетический эксперимент в исследованиях на дрозофиле./ Е. М. Белоконь – Львов: Изд-во при Львов. ун-те, 1979. – 108 с.
2. Медведев Н. Н. Практическая генетика/ Н. Н. Медведев – М, Наука, 1966 – 238 с.
3. Павлів Б. А., Щербатий З. Є. Дрозофільний практикум з генетики / Б. А. Павлів, З. Є. Щербатий. – Львів: ЛНАВМ ім. С. З. Гжицького, 2005. – 47 с.

Кардаш М.

Науковий керівник – доц. Гуменюк Г. Б.

ДЖЕРЕЛА ТА ШЛЯХИ НАДХОДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА ФОСФАТІВ У ГІДРОЕКОСИСТЕМИ

Досліджено джерела та шляхи надходження важких металів (ВМ) (міді, нікелю, кобальту, цинку, заліза, марганцю, свинцю, кадмію), а також шляхи надходження фосфат-іонів у гідроекосистеми.

Важкі метали (ВМ) відносяться до групи найбільш небезпечних токсичних речовин, що потрапляють у водні екосистеми головним чином в результаті техногенної дії. За токсичністю вони займають друге місце після пестицидів. На відміну від органічного забруднення важкі метали, є елементами, що не піддаються деструкції у водній екосистемі, а лише розподіляються між її компонентами [4,6].

Більшість важких металів відноситься до елементів слабкого біологічного захоплення. Але навіть в малих концентраціях вони можуть виявляти сильну токсичну дію на живі організми внаслідок того, що здатні замінювати необхідні мікроелементи і порушувати чи повністю пригнічувати деякі життєво важливі функції [5].

Визначено, що біологічний ефект фосфатів щодо водних організмів та гідроекосистем визначається їх кількістю у воді (допорогові рівні – корисні, поза порогові – викликають патології організмів та “цвітіння” води), гідрохімічними умовами водойм та фізіологічною чутливістю окремих організмів.

Ключові слова: важкі метали, сполуки фосфору, водойми, евтрофікація, токсичність.

В природних водах важкі метали знаходяться в різних формах і ступенях окиснення. Виділяють розчинену йонну форму (гідратовану), колоїдну і зважену форми важких металів в водній фазі. Різні форми одного і того ж важкого металу відрізняються доступністю для живих організмів і, відповідно, токсичністю. Найбільш токсичні для гідробіонтів важкі метали в вільній йонній формі. При утворенні стійких комплексних сполук з вмістом у воді органічних речовин (гумінових чи фульвокислот) токсичність важких металів різко падає. Відомо, що токсична дія важких металів на водні організми залежить від багатьох факторів: температури, вмісту кисню, значення рН, твердості води [1,5].

Джерела надходження ВМ в навколишнє середовище можна розділити на дві групи:

- природні;
- техногенні. Із техногенних джерел ВМ надходять в навколишнє середовище у вигляді різноманітних хімічних сполук [5]. Серед сполук неорганічної природи в найбільших кількостях зустрічаються карбонати, галогеніди, оксиди, сульфати і сульфіді [5, 13]. Навантаження на різні компоненти екосистем розподіляється нерівномірно. Частина техногенних викидів, що потрапляють в навколишнє середовище у вигляді найтонших аерозолів, переноситься на значні відстані, викликаючи глобальне забруднення біосфери. Друга частина разом з гідрохімічним стоком потрапляє в безстічні водойми, де накопичується і у водах, і у донних відкладах. Основна ж маса ВМ акумулюється ґрунтом поблизу промислових підприємств, викликаючи локальне забруднення території. Концентрації ВМ в зонах локального промислового забруднення можуть в сотні і тисячі раз перевищувати фонові рівні [5, 13].

Мідь. У природі мідь зустрічається у вільному стані у вигляді та в складі мінералів халькопіриту (CuFeS_2), халькозину (Cu_2S) малахіту (CuCO_3 $\text{Cu}(\text{OH})_2$) азуриту (CuCO_3 $2\text{Cu}(\text{OH})_2$).

Одними із найбільш лімітуючих токсикантів ВМ, які володіють значною біологічною дією є мідь, кадмій і свинець, нікель, марганець, цинк і залізо [13]. Основними джерелами надходження сполук міді в природні води вважають стічні води хімічних і металургійних

виробництв, шахтні води, різноманітні альгіцидні реагенти, що містять мідь, а також сільськогосподарські стоки.

Свинець. В останні роки в умовах інтенсивного застосування цього металу в промисловості і в сільському господарстві, особливо небезпечним джерелом його надходження стають стічні води металургійних, металообробних, хімічних виробництв [11,12]. Одним із серйозних джерел забруднення поверхневих вод сполуками свинцю є спалювання вугілля, застосування тетраетил свинцю, як антидетонатора в моторному паливі, а також викиди у водойми із стічними водами рудозбагачувальних фабрик, металургійних підприємств, хімічних виробництв і шахт т.д [11, 12].

Свинець перебуває в воді у розчиненому й зв'язаному (сорбованому) стані. У розчиненій формі зустрічається у вигляді мінеральних й орґано-мінеральних комплексів, а також простих іонів, у нерозчинній - у вигляді сульфідів, сульфатів і карбонатів.

Кадмій. Значні кількості кадмію вносяться в поверхневі води у результаті господарської діяльності. Щорічні викиди кадмію в воду становлять 0,01 – 0,1 мкг в 1л. В ґрунт він потрапляє з пилом і осадами в районі металургійних підприємств, великі його кількості містяться у відходах гальванічних і лакофарбових підприємств, він попадає на сільськогосподарські землі з добривами у вигляді шламів стічних вод, з фосфорними добривами і гербіцидами [6].

Кобальт. Серед сполук кобальту, що зустрічаються в природі, заслуговують на увагу карбонат кобальту (CoCO_3), нітрат кобальту ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), сульфат кобальту ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Сполуки кобальту, як і інших ВМ попадають в поверхневі води в результаті процесів вилуговування мідноколчеданних руд, екзогенних мінералів і порід, із ґрунтів при розкладанні організмів і рослин. Однак в останні роки в умовах інтенсивного застосування цих металів в промисловості і сільському господарстві особливо небезпечним джерелом їх надходження стають стічні води металургійних, металообробних, хімічних виробництв [14].

Марганець Марганець належить до металів із змінною валентністю (Mn^{2+} , Mn^{4+} , Mn^{7+}), що визначає його участь у окисно-відновних реакціях ключових метаболічних процесів. У поверхневі води він надходить внаслідок вимивання з ґрунту та мінералів, особливо залізо-марганцевих руд. Надходить також із стічними водами марганцевих гірничозбагачувальних комбінатів, металургійних заводів, хімічних та інших підприємств [13].

Цинк. Цинк в природі зустрічається в вигляді таких мінералів, як цинкова обманка ZnS , смітсоніт ZnCO_3 , вілеміт ZnSiO_4 , цинкіт ZnO та ін. Найбільше значення мають сульфідні і карбонатні руди цинку.

Джерелами надходження цинку в гідросферу є океанічні залізо-магнієві конкреції та донні осади вулканічного походження. Тільки за рахунок гідротермічних процесів, пов'язаних з океанічною вулканічною діяльністю, в гідросферу надходить в середньому $4 \cdot 10^{17}$ г/рік цинку, або приблизно 1/90 його щорічного надходження з річковим стоком [13].

Вітрова ерозія дає біля 58% цинку, що поступає з природних джерел. З рослинною продукцією поступає біля 20% металу. Існуюче антропогенне забруднення на 70% переважає природне [13]. Важливим джерелом цинку також є спалювання вугілля та деревини. Відомо, що в залежності від місця знаходження частка атмосферного цинку, що потрапляє в водне середовище може складати більше 50% від загального. Значна кількість цинку надходить у водні об'єкти з техногенними забрудненнями. Істотні джерела надходження цинку у водні об'єкти — рудникові змивні води та стічні води гальванічних цехів, виробництв паперу, лаків і фарб, хімічних засобів захисту рослин, комбінатів кольорової металургії та теплових електростанцій, які працюють на кам'яному вугіллі.

Цинк попадає в природні води в результаті природних процесів руйнування і розчинення гірських порід та мінералів, а також із стічними водами гірничо-збагачувальних комбінатів та гальванічних цехів, виробництв пергаментного паперу, мінеральних фарб, віскозного волокна й ін.

У воді знаходиться в йонній формі або у формі мінеральних й органічних комплексів. Іноді зустрічається в нерозчинній формі: у вигляді гідроксида, карбонату, сульфідів й ін. Цинк відноситься до числа активних мікроелементів, що впливають на ріст і нормальний розвиток організмів. У той же час багато сполук цинку токсичні, насамперед його сульфат і хлорид [13].

Залізо. Залізо — один з активних металів, які в природі майже не зустрічаються у вільному стані. Серед мінералів, до складу яких входить залізо, найголовніші пірит (FeS_2), магнітний залізник (FeO , Fe_2O_3), бурий залізник ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), шпатовий залізник (FeCO_3). Залізо утворює комплексні сполуки з органічними кислотами, азотовмісними речовинами, білками тощо. Важливу роль у біосфері відіграють полімеризовані сполуки заліза з ланцюговою структурою та комплексні сполуки фосфатів заліза. Потрапляє в навколишнє середовище із стічними водами підприємств чорної і кольорової металургії, хімічної промисловості, виробництва сплавів та ін.

Основною формою знаходження Fe^{3+} у поверхневих водах є комплексні сполуки його з розчиненими неорганічними й органічними комплексоутворювачами, головним чином гумусовими речовинами. При $\text{pH} = 8,0$ основною формою знаходження іонів тривалентного заліза в розчинах є Fe_2O_3 [7].

Вміст заліза в поверхневих водах суші складає десяті частки міліграма, поблизу боліт - одиниці міліграмів. Підвищений вміст заліза спостерігається в болотних водах, у яких воно перебуває у вигляді комплексів із солями гумінових кислот - гуматів.

Найбільші концентрації заліза (до декількох десятків і сотень міліграмів у 1 дм^3) спостерігаються в підземних водах з низькими значеннями pH [13].

Нікель. Цей метал поширений в земній корі у вигляді різноманітних сполук: оксидів, карбонатів, силкатів із залізом і магнієм, а також сульфідів, арсенідів, телуридів. В навколишнє середовище нікель надходить із стічними водами хімічної промисловості, виробництва сплавів, гальваностегії, виробництва кольорових металів. Основним джерелом антропогенного надходження даного металу є спалення дизельного пального, що складає 57% загального антропогенного надходження. Лише 25% надходить при отриманні нікелю і його промислового використання [2, 3].

Встановлено, що безперервне надходження фосфату в озеро не викликає пропорційного збільшення концентрації фосфат-іонів у водах озера, отже частина фосфату випадає в осад [12]. Оскільки в озерних водах часто спостерігається високий вміст кальцію, можна припустити, що одним із шляхів видалення фосфатів є їх випадання у вигляді фосфатів кальцію.

Шляхи надходження фосфатів у водойми. Автори роботи [15] поділяють джерела надходження фосфатів у поверхневі води на дві категорії: точкові джерела (наприклад, промислові підприємства, очисні споруди підприємств житлово-комунального господарства) і дифузні джерела (наприклад, стоки із сільськогосподарських угідь).

Вважають, що основними джерелами надходження сполук фосфору у водойми є: атмосферні опади, поверхневий стік із забудованих територій, річковий стік, ерозія ґрунту, абразія (руйнування берега), донні відклади, дренажні води зрошувальних систем, притік фосфору із глибинних вод моря, а також в результаті азотфіксації і фотосинтезу гідробіонтів. [8, 9].

Фосфати, потрапивши у водне середовище, негативно впливають як на окремих представників біоти, так і гідроекосистемному рівні (рис.1).

Значним джерелом надходження сполук фосфору у водойми є атмосферні опади, включаючи атмосферний пил. Кресин В.С. і співав [8]. Дослідили різні шляхи надходження фосфатів у водойми прибережної зони Чорного моря. Встановлено, що потоки фосфатів у Чорне море оцінювались величиною 67,4 тис. т/рік (атмосферні опади і атмосферний пил). За той самий період надходження фосфатів у Чорне море з атмосферними опадами оцінювалось величиною 436 т/рік. Середнє значення надходження фосфатів складає 33,9 тис. т/рік.

Іноземні дослідники приводять також значення викидів фосфорних сполук з побутовими стоками у розрахунку на одного жителя 2-5 г., яке за використання детергентів збільшується в 2,5 рази в стічних водах у США та на 85% у Англії [10].

Надходження сполук фосфору зі стічними водами точкових джерел, дренажними водами зрошувальних систем суттєво впливає на якість води в районі викиду стічних вод [15].

Не менш важливим джерелом насичення води біогенними елементами, зокрема фосфором, є донні відкладення. Наприклад, під час шторму за добу з 1 дм^3 дна Кременчуцького водосховища у воду потрапляє 1-9 мг мінерального фосфору [9].

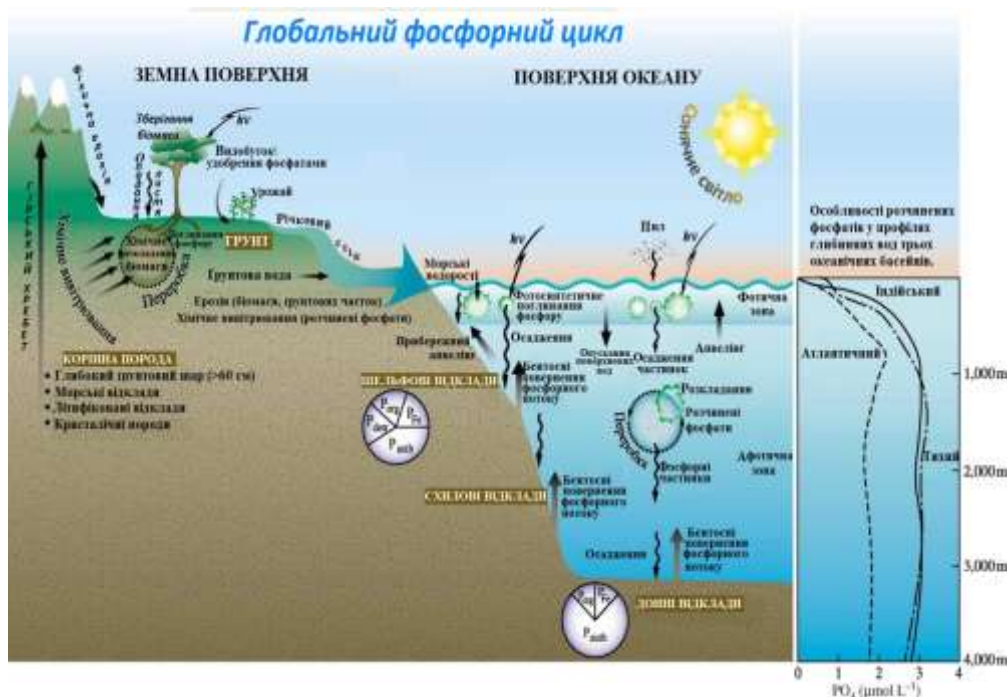


Рис. 1. Цикл перетворень сполук фосфору у екосистемах (за [16])

Висновки

Проаналізовано джерела та шляхи надходження ВМ (міди, нікелю, кобальту, цинку, заліза, марганцю, свинцю, кадмію) та фосфатів у гідроекосистеми. Розглянуто прогресуюче збільшення валового вмісту важких металів у водоймах. Щодо фосфатів, то потрапивши у водне середовище, вони негативно впливають як на окремих представників біоти, так і гідроекосистемному рівні.

У майбутньому варто поглиблено вивчати міграцію ВМ між складовими водної екосистеми: вода, донні відклади, прибережний ґрунт та гідробіоти. Та також забрудненні фосфатами водойми, їх біологічну продуктивність, тому що як правило, продуктивність у таких водоймах падає, знижується життєдіяльність багатьох організмів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практикум. Навчальний посібник / Г.О. Білявський, Л.І. Бутченко, В.М. Навроцький. — К.: Лібра, 2002. — 352 с.
2. Гуменюк Г. Б. Вміст та міграція міді, кобальту, кадмію та свинцю в екосистемі Тернопільського ставу / Г. Б. Гуменюк // Наукові записки ТДПУ. Сер. „Біологія”. — 2001. — Т. 2, № 14 — С.190-193.
3. Гуменюк Г. Б. Сезонна динаміка вмісту і міграції міді, кобальту, кадмію та свинцю в екосистемі Тернопільського ставу / Г. Б. Гуменюк // Наукові записки ТДПУ. Сер. „Біологія”. — 2001. — Т. 2, № 13 — С.190-193.
4. Добровольский В.В. Тяжёлые металлы в окружающей среде / В.В. Добровольский. — М.: Изд-во МГУ, 1980. — 132 с.
5. Экспериментальная экология. — М.: Наука, 1991. — 211 с.
6. Ильин В. Б., Юданова Л. А. Тяжёлые металлы в почвах и растениях // Поведение ртути и других тяжёлых металлов в экосистемах. — Новосибирск: Наука, 1989. — Ч. I. — 100.
7. Клименко М.О. Моніторинг довкілля / М.О. Клименко, А.М. Прищеп, Н.М. Вознюк // Видавничий центр «Академія». — 2006. — С. 212—325.
8. Кресин В.С. Динамика поступления соединений фосфора в украинские прибрежные воды Черного моря и комплекс водоохраных мероприятий / В.С. Кресин, Е.В. Еременко, М.А. Захарченко, А.И. Юрченко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2008. — № 5. — С. 28—33.
9. Кульский Л.А. Фитопланктон и вода / Л.А. Кульский, Л.А. Сиренко, З.Н. Шкавро. — К.: Наукова думка, 1986. — 136 с.
10. Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации / В.В. Куприянов. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 184 с.

11. Линник П. Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. / П. Н. Линник, Б. И. Набиванец – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 200с.
12. Линник П. Н. Тяжёлые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции / П. Н. Линник // Гидробиол. журн. – 1999. – Т. 35, № 1. – С. 22-41.
13. Романенко В.Д. Основи гідроекології. / В.Д Романенко– К.: Обереги, 2001. – 711 с.
14. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова.- Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 541 с.
15. Фосфор в окружающей среде / Ред. Э. Гриффит, А. Битон, Дж. Спенсер, Д. Митчел. – М.: Мир , 1977. – 760 с.
16. Ruttенberg K. C. The Global Phosphorus Cycle / K. C. Ruttенberg // Treatise on Geochemistry. – 2003. – Vol. 8. – P. 585–633.

Тухлінович Л.Б.

Науковий керівник – проф. Грубінко В.В.

ФОРМИ ФОСФОРУ У ПРІСНОВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Фосфор – один із найважливіших біогенних елементів, які істотно впливають на життєдіяльність водяних організмів. Фосфор має один стабільний ізотоп і шість радіоактивних, з яких найбільше значення мають ^{32}P і ^{33}P . При взаємодії з киснем, галогенами, сіркою, металами фосфор має ступені окиснення +3, +5 та –3 (фосфорний ангідрид P_2O_5 , фосфороводень PH_3).

Основними природними джерелами неорганічного фосфору є апатити та фосфорити. В морських і континентальних водоймах розчинений фосфор знаходиться у складі неорганічних і органічних сполук. Органічний фосфор може бути як у розчиненому, так і в колоїдному стані. Як компонент практично всіх біологічних рідин і тканин він активно поглинається з води водоростями та вищими водяними рослинами. Більша частина фосфатів, які засвоюються рослинами і тваринами, знову повертаються у воду в складі продуктів обміну речовин та при розкладі органічних речовин.

Вміст фосфору в природних водах в значній мірі залежить від його надходження іззовні та використання гідробіонтами. З водного середовища гідробіонти засвоюють фосфор у формі ортофосфату, поліфосфатів, фосфорних ефірів. Низькомолекулярні фосфорорганічні речовини можуть утилізуватися автотрофними організмами тільки після їх гідролізу на поверхні клітини за участю ферментів фосфатаз. Найпоширенішою формою існування P у воді є його сполуки з киснем – фосфати. Вони у природних водах зустрічаються у формі суспензійних частинок і мають мінеральне та органічне походження. Починаючи з 1969-1970 рр. в роботі [4] вказується, що основною причиною евтрофікації водойм є збагачення поверхневих вод азотом та P. При цьому основним джерелом надходження P у водойми були мінеральні добрива за рахунок яких у річки надходило біля 3 тис т P. Також зазначалося, що в річках Полісся кількість мінерального P становив від 0,001 до 0,230 мг P/дм³, а в окремих випадках сягав 0,6 мг P/дм³; тоді як органічного P від 0,010 до 0,415 мг P/дм³. В роботах [2] вказується, що в складі річкового потоку в більшості випадків кількість P у воді більше у воді, ніж розчинного. Надходження поліфосфатів пов'язано з використанням синтетичних миючих засобів, а також застосуванням емульгаторів та пестицидів. Поліфосфати легко розкладаються, а їх концентрація у воді швидко знижується. Поява органічних фосфатів у природних водах обумовлена процесами життєдіяльності та розкладом гідробіонтів, а також господарсько-побутовими стоками та стоками від тваринницьких ферм. У водоймах, вільних від надходження стічних вод, рівень органічного P у воді вказує на розвиток життя та на швидкість бактеріального розкладу метаболітів, які виділяють водяні тварини та рослини. Присутність фосфатів у воді істотно впливає на розвиток водяної рослинності. Вміст сполук P в природних водах наведені в роботах [1,4]. За даними [3] на початку 90-х років ХХ ст. середньорічна концентрація P у воді становила 0,25 – 0,40 мг P/дм³.

Основними формами існування P у воді річок, згідно даних [3] були: розчинний неорганічний, зважений неорганічний та розчинний органічний. Аналіз розчинених і зважених форм P у воді [8], проведений методом ЯМР, показав, що більша частина P була у формі ортофосфату. Органічні форми включали фосфонати, міоїнозитолгексакисфосфати і