

УДК 597.554.3

Г.Б. Гуменюк

Тернопільський державний педагогічний університет ім. Володимира Івасюка
46027 Тернопіль, вул. М.Кривоноса, 2**СЕЗОННА ДИНАМІКА ВМІСТУ І МІГРАЦІЯ МІДІ, КОБАЛЬТУ, КАДМІЮ ТА СВИНЦЮ В ЕКОСИСТЕМІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО СТАВУ***екосистема ставу, планктон, вода, донні відклади важкі метали, міграція*

Як відомо важкі метали (ВМ) є одними з найбільш небезпечних хімічних забруднювачів поверхневих вод України. Їх поведінка в екосистемах є своєрідною, оскільки вони не піддаються деструкції на відміну від органічних речовин (ОР), а постійно присутні у водних екосистемах, змінюючи форму сполук, а, отже, реакційну здатність, біологічну активність та екологічну небезпечність. Їх фізико-хімічний стан змінюється в результаті процесів гідролізу, комплексоутворення, адсорбції, осадження. Вказані процеси визначають міграційну рухливість ВМ, їх перерозподіл між основними компонентами водної екосистеми (вода, прибережний мул, ґрунти, водорості), біодоступність і токсичність для водних організмів. Домінування тих чи інших процесів залежить значною мірою від типу водойми, її гідрохімічного та гідрологічного режимів, біопродуктивності, сезонності і деяких інших характеристик [8].

Тернопільський став відноситься до числа водойм з середньою і високою біопродуктивністю та широким різноманіттям природних ОР. Багато з них утворюють міцні комплекси з ВМ, завдяки чому зменшується інтенсивність адсорбційних процесів. Утворення комплексних сполук сприяє зниженню токсичності і біодоступності ВМ внаслідок зниження активності гідратованих іонів, особливо у випадку домінування високомолекулярних комплексів [8].

За рівнем трофності Тернопільський став відноситься до евтрофних водойм. Основну роль в комплексоутворенні відіграють як гумусні речовини — гумінові і фульвокислоти (ГК і ФК), що містяться в значній кількості у воді, прибережному мулі та ґрунтах, так і органічні сполуки прижиттєвого виділення рослинних і тваринних організмів.

Метою нашої дослідження було вивчення вмісту та особливостей перерозподілу Cu, Co, Pb, Cd у системі вода→прибережний мул→ґрунти→водорості та особливості їх міграції по компонентах водної екосистеми.

Матеріали і методи досліджень

Вміст Cd, Co, Cu та Pb у воді, прибережному мулі, ґрунтах та водоростях визначали, відбираючи їх зразки в 5 різних точках Тернопільського ставу: 1 — біля міського пляжу, 2 — поблизу автомобільної дороги, 3 — біля заплави р. Серет, 4 — низинна ділянка ставу (шалодження техногенних викидів з стоком, з річкової води, з атмосферних опадів); 5 — в ділянках заболоченого схилу (постійне обводнення).

Воду відбирали з поверхневого горизонту озера. Проби прибережного мулу та водної рослинності відбирали на глибині до 50 см. Зразки ґрунту відбирали у приводних ділянках не далі 2 м від водного тіlesa. Проби висушували в термостаті при температурі 50° С, розтирали в ступці до порошкоподібного стану. Згодом 0,25 г абсолютно сухого мулу чи ґрунту поміщали в платиновий тигель, додавали 2,5 мл суміші HF і 2,5 мл HClO₄ та випаровували насухо. Після цього додавали 2,5 мл HF і 0,25 мл HClO₄ і нагрівали до виділення білих парів, знову додавали 0,25 мл HClO₄. Залишок розчиняли в 2,5 мл HNO₃. Спалювання та підготовку зразка водоростей (0,25 г висушеної маси) здійснювали аналогічно [11]. Отримані нітратні розчини використовували для визначення вмісту важких металів, яке здійснювали методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С-315 при відповідних довжинах хвиль, які відповідали максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів.

Дані гідрохімічної характеристики Тернопільського ставу одержано з використанням стандартних методик за результатами досліджень гідрохімічної лабораторії Тернопіль-водгоспу

Статичну обробку одержаних даних здійснювали за методом [4]

Концентрацію металів виражали в мг на 1 кг сухої маси досліджуваних зразків.

Оцінку забруднення здійснювали порівнянням одержаних даних з значеннями ГДК досліджуваних металів для прісноводних екосистем (табл. 1).

Таблиця 1

ГДК металів для певних складових водного середовища, (мг/кг, мг/л) [9, 2, 11]

метали	Складові водного середовища			
	вода	прибережний мул	грунти	водорості
Cu	0,002	20	30	10
Co	0,008	1,8	12	0,01052
Cd	0,0001	0,1	1	0,15
Pb	0,003	50	60	0,22

Результати досліджень та їх обговорення

Вода

Відомо, що найбільш біодоступними є розчинені форми металів. При цьому токсичний вплив на гідробіоти проявляють, головним чином, так звані вільні (гідратовані) іони ВМ, деякі їх гідроксидні комплекси і метал-органічні сполуки [5].

До найбільш важливих процесів, що сприяють зниженню токсичності ВМ і тих, що відіграють істотну роль в самоочищенні водної маси, відносять адсорбцію іонів металів завислими частинками і комплексоутворення з участю розчинених органічних речовин (РОР)

У нашому дослідженні виявлено сезонні особливості кількісного представлення ВМ у воді: квітень — Pb < Cd < Co < Cu, травень - Pb < Cd < Co < Cu; липень Cd < Cu < Co < Pb; серпень - Cd < Cu < Co < Pb (рис 1-4).

Для даних металів міграція в розчиненому стані є найбільш характерною. Вона може включати вільні іони металів та їх комплекси сполуки з органічними та неорганічними лігандами. Форми знаходження металів визначаються фізико-хімічними, гідродинамічними і біологічними параметрами Тернопільського ставу.

Таблиця 2

Гідрохімічна характеристика води Тернопільського ставу у квітні, травні, липні та серпні 2000 року

Місяць	Показники						
	pH	завислі речовини мг/л	вміст солей, мг/л	вміст Fe мг/л	Розч O ₂ мг/л	Cl ₂ мг/л	SO ₄ ²⁻ мг/л
квітень	7,4	4,5	556	0,16	4,8	70,9	121,6
травень	7,8	6,4	315	0,15	9,7	14,2	15,4
липень	7,2	-	-	-	-	-	-
серпень	7,6	8,2	310	0,17	9,5	8,5	27,0

Щодо процесів комплексоутворення в поверхневих водах ставу, необхідно відмітити їх важливу роль в міграції ВМ. Основну роль в зв'язуванні металів відіграють РОР. Це обумовлено високою біопродуктивністю ставу і великим різноманіттям органічних речовин — лігандів ВМ.

Концентрація комплексних сполук Cu, Co, Cd, Pb залежить від багатьох факторів. Зниження їх зв'язування в комплекси, як бачимо, спостерігається навесні. Це зумовлено, з одного боку, розбавленням вод в час весняного повповоддя, а з другого — зміною композиційного складу РОР в цей період. У кінці весни і в першій половині літа, коли тільки зростає інтенсивність вегетаційних процесів, основну масу РОР складають гумусові речовини, які принесені у став з поверхневим зливом. Незважаючи на високу комплексоутворюючу

здатність (КЗ) гумусових речовин в цілому, в кінці весни відмічена найнижча їх здатність до зв'язування металів в комплекси [8]. Остатнє, відповідно, зумовлює зростання концентрацій цих металів у поверхневих водах ставу. Очевидно, низька зв'язуюча здатність гумусу, що змивається з поверхні, пояснюється конформацією його макромолекул, при якій активні (координативні) центри стають недоступними для зв'язування металів. Має місце також зростання доли гумінових кислот з високою молекулярною масою. Вони мають меншу КЗ порівняно, наприклад, з фульвокислотами, що характеризуються значно меншими молекулярними масами. До кінця літа ступінь зв'язування металів в комплекси, як бачимо, зростає. Відповідно, зменшується концентрація металів в поверхневих водах ставу. У цей період разом з гумусовими речовинами в комплексоутворенні беруть участь ОР — продукти метаболізму.

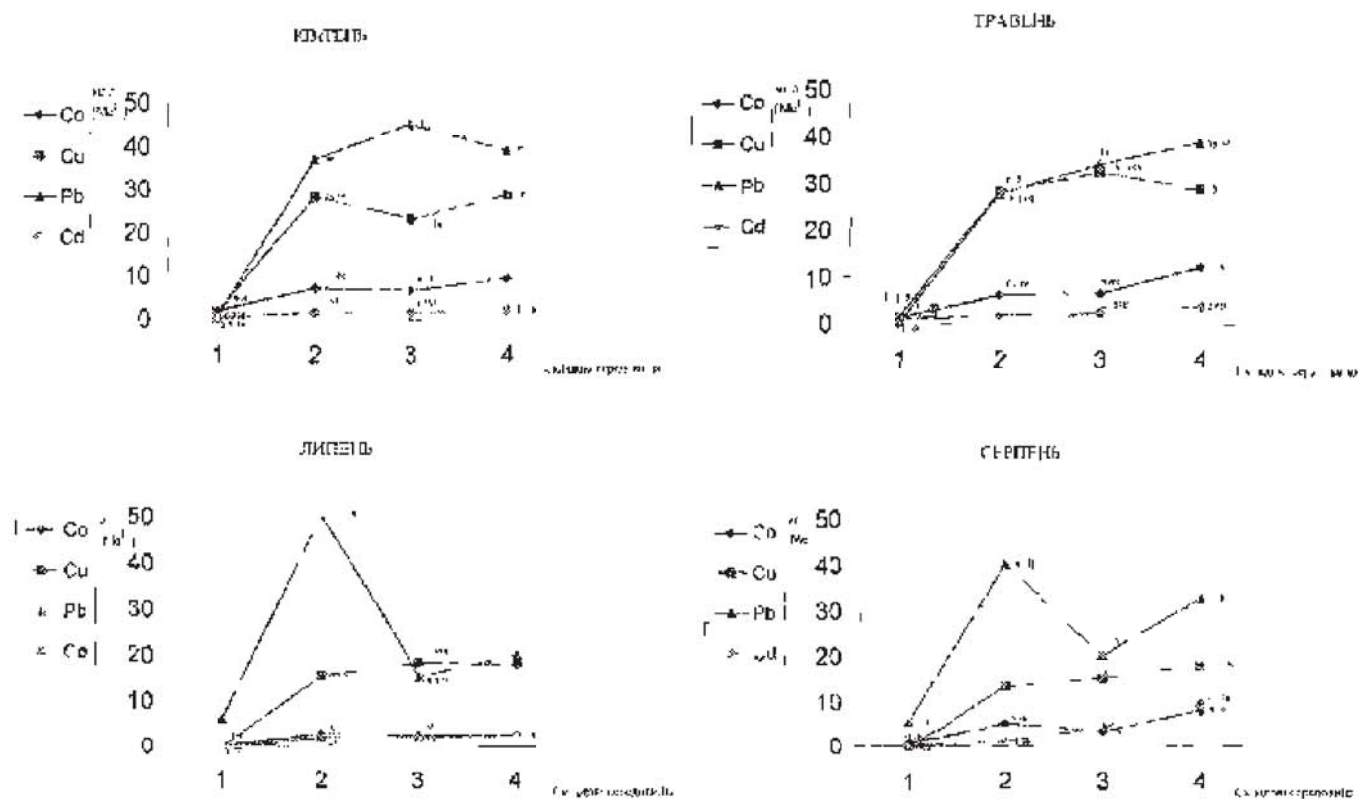


Рис. Вміст кобальту, міді, свинцю та кадмію у воді (1), прибережному мулі (2), ґрунтах (3) та водоростях (4) Тернопільського ставу в різні сезони року ($M \pm m$; $n=5$)

Серед процесів, що впливають на стан мікроелементів в природних водах, важлива роль належить адсорбції на завислих частках. Загальновідомо, що завислі речовини представлені мінеральною і органічною складовими. До мінеральної частини відносять, як правило, глинисті мінерали, оксиди, силікати, карбонати. Органічна фракція включає важкорозчинні органічні сполуки (наприклад гумусози), залишки мікроорганізмів і рослинних матеріалів (детрит) [7].

Процес адсорбції ВМ на завислих речовинах має виключно важливе екологічне значення, виступаючи, з одного боку, фактором концентрування токсикантів, а з іншого — показником самоочищення водойми. Адсорбція металів завислими речовинами водойми з осадження в донні відклади приводить до зниження токсичності води.

Згідно даних гідрохімічної характеристики води Тернопільського ставу концентрація завислих речовин навесні менша, ніж влітку. Це є ще одним підтвердженням того, що літні концентрації в поверхневих водах ставу ВМ (за винятком свинцю) значно менші, ніж весняні. При цьому концентрація ВМ у травні менша, ніж у квітні, що пояснюється початком вегетаційного періоду та збільшенням кількості ОР — лігандів для ВМ та завислих речовин. Винятком є тільки кадмій. Його концентрація у травні значно перевищує величину ГДК у поверхневих водах.

Це можна пояснити слабкою комплексоутворюючою здатністю кадмію порівняно з іншими металами (Cu, Pb, Co) та незначною мірністю його комплексів з гуміновими і

фульвокислотами, а також з іншими органічними комплексоутворюючими сполуками природних вод. Також слід відмітити, що одним із джерел надходження кадмію в поверхневі води є ґрунт [7]. Оскільки у травні мали місце інтенсивні атмосферні опади, то можна припустити, що концентрація у воді кадмію зросла за рахунок змиву верхнього шару ґрунту.

Тривожним фактом є різке збільшення концентрації свинцю влітку. Джерелом забруднення поверхневих вод цим металом є тетраетил свинцю, що надходить з автомобільної траси, яка пролягає по дамбі ставу Велика. Концентрація свинцю влітку пов'язана з процесом метилювання. У цей період, особливо у серпні-листі спостерігається «цвітіння водойм», яке призводить до збільшення кількості мікроорганізмів. Неорганічні сполуки свинцю в даних відкладах водойм піддаються метилюванню з участю мікроорганізмів. Мобілізація свинцю з донних відкладів за рахунок процесів метилювання створює серйозну небезпеку для водної біоти.

Прибережний мул

Прибережний мул (донні відклади) — це найбільш стабільний компонент водних екосистем, в якому відображаються основні фізико-хімічні і біологічні внутрішньоводні процеси. Визначальну роль в процесах міграції металів відіграє міцність зв'язування ВМ з твердими субстратами прибережного мулу. Міцність зв'язування ВМ зростає від обмінної фракції до залишкової [6].

У результаті наших досліджень встановлено наступну послідовність скількисного співвідношення вмісту досліджуваних металів у прибережному мулі: квітень — $Cd < Co < Cu < Pb$, травень — $Cd < Co < Pb < Cu$; липень — $Cd < Co < Cu < Pb$; серпень — $Cd < Co < Cu < Pb$.

Згідно класифікації Перельмана [10] мул Тернопільського ставу можна віднести до глинистих мулів. У ньому розкладається багато органічних речовин. У результаті розвивається глиниста окисно-відновна ситуація. Іони заліза та марганцю відновлюються, мул набуває сірого, зеленуватого або сірого кольору. У глинистому мулі не вистачає кисню для окислення органічних речовин і їх розкладання затримуються. Найважливішим є те, що у глинистому середовищі багато металів є рухомими і утворюють легкокорозивні сполуки (особливо і органічними кислотами). Цим і можна пояснити значні зміни концентрацій ВМ протягом весняно-літнього періоду.

Загальновідомо, що мідь і кобальт утворюють досить міцні комплекси сполуки з природними органічними лігандами. Також слід відмітити, що поверхнева взаємодія таких комплексів і глинистими частинками (яких особливо багато в післязимовий період), що складають основу глинистих мулів, є досить значною. У донних відкладах весняного періоду також формується комплекси міді та кобальту з ОР природного походження — залишками рослин, які утворилися ще у зимовий період. Цим пояснюються більші весняні концентрації міді і кобальту порівняно з літніми. Має місце надходження з донних відкладів у водне середовище влітку та акумуляція їх водною рослинністю внаслідок фізичного (хвиль, течії, пониження та підвищення рівня води), чи антропологічного (дноглибинні роботи, рух катерів), впливів, які ведуть до збільшення концентрації вільних іонів. Слід враховувати можливість виникнення анаеробних умов в придонному горизонті, особливо в зонах накопичення водоростей, в результаті чого вільні іони металів легко переходять у водне середовище з донних відкладів.

Відрізняється поведінка свинцю і кадмію в прибережному мулі. Виявлено збільшення тітних концентрацій даних металів порівняно з весняними. Слід відмітити, що свинець і кадмій мають велику спорідненість до утворення комплексів з неорганічними лігандами та залізомарганцевими оксидами [1] (кількість останніх у літній період значно зростає, а у серпні їх концентрація становить 0,17 мг/л). Крім того, свинець має здатність однаково зв'язуватись з ОР різної молекулярної маси, аллохтонним і аутохтонним гумусом [8], тоді як кадмій в основному зв'язується з аутохтонним гумусом (фітоплагтонним).

За даними інших дослідників [2] комплекси сполуки свинцю та міді найбільш стійкі. Загальний порядок стабільності комплексених сполук гумусових речовин з ВМ [5] виглядає так $Pb^{2+} > Cu^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+} > Fe^{2+} > Mn^{2+}$.

Ці дані ще раз підтверджують можливість формування високих концентрацій свинцю у прибережному мулі

Значна участь оксидів заліза і марганцю в зв'язуванні свинцю і кадмію дозволяє припустити, що у відновних умовах можливе їх часткове вивільнення і перехід в інші фази [1], що спостерігається в серині

Грунт

Грунт є відкритою підсистемою геохімічного ландшафту, яка пов'язана потоками речовин і енергії з приземною атмосферою, з сукупністю нижчих і вищих рослин і тварин, поверхневими і підземними водами. Грунт безпосередньо впливає на забруднення харчового ланцюга [13].

Поблизу Тернопільського ставу зустрічаються такі типи ґрунтів [10]:

1) лучно-болотні намиті середньо-суглинкові грубопилуваті на алювіально-делювіальних відкладах з рН=4,6-7,1, вміст гумусу 1,4-8,79%, вміст рухомого заліза 86,8-421,6 мг/100 г ґрунту. За механічним складом ґрунти середньосуглинкові, грубопилуваті. Вміст фізичної глини 33,6-43,7%, мулу 9,6-18,8%; крупного пилу 47,2-62,8%

2) чорноземи слабореградовані слабозмиті середньосуглинкові, грубопилуваті на лесовидних суглинках з рН=5,7-7,2, вміст гумусу 2,9-4,74%. За механічним складом ґрунти середньосуглинкові, грубопилуваті. Вміст фізичної глини — 36,9-39%; мулу 15,4-20,2%; крупного пилу 52,1-58,2%.

3) торфовища глибокі і глибокопоховані осушені на алювіально-делювіальних відкладах. Вміст гумусу 4,01-8,5%, рН=5,8-6,8. Вміст рухомого заліза 137,2 мг/100 г ґрунту. Ступінь розкладання 30-75%

Разом з біологічною акумуляцією, що спрямована знизу вгору, в ґрунтах спостерігається і висхідна міграція водних розчинів (вилуговування). У болотних, лугових та інших супераквальних (наводних) ґрунтах низин спостерігається ще й накопичення хімічних елементів з ґрунтових вод. У таких ґрунтах — це торф'яні та глинисті горизонти [10]. Слід нагадати, що в глинистому середовищі багато ВМ є рухливими і утворюють легкорозчинні сполуки (особливо з органічними кислотами)

Як бачимо, на початку вегетації ґрунти характеризуються підвищеним вмістом ВМ (особливо у квітані). Це обумовлено впливом весняної повені, відкритості поверхні для надходження ВМ, інтенсифікацією геохімічно-трансформаційних процесів, що спричиняє утворення сполук між ВМ, реакцією рН ґрунтів. Згідно даних інших дослідників [3] односторонньо зафіксовано залуження ґрунтів по вертикальному профілю весною у ґрунтах зниженої ділянки поблизу водойми, що спричиняє утворення сполук ВМ зі складовими ґрунту

Один із основних процесів, що впливає на їхню частку в ґрунті, є закріплення гумусовими речовинами. Закріплення здійснюється в результаті утворення важкими металами солей з органічними кислотами, адсорбцією іонів на поверхні органічних колоїдних системи, закомплексування їх гуміновими та фульвокислотами. Міграційні можливості ВМ при цьому в основному знижуються. Саме цією обставиною і пояснюється підвищений вміст важких металів у верхньому найбільш загумусованому шарі ґрунту.

Деяка частина іонів ВМ адсорбується на поверхні мінеральних часток. Можливо також їх проникнення в міжплосинний простір глинистих мінералів чи ізоморфне заміщення іонів інших елементів в кристалічній гратці

Низхідній міграції ВМ заважають також гідроксиди і оксиди Fe та Mn, які звичайно концентруються у верхній частині профілю ґрунту. Частина захоплених ними ВМ може бути значною

Взаємодія іонів ВМ з гумусовими речовинами можуть бути описані як іонообмінні, адсорбція на поверхні, хелатування, реакції коагуляції і пептизації.

У комплексних сполуках іони металів розміщуються в аніонній частині гумусової молекули, тоді як в функціональних групах здатні до дисоціації. Фульвокислоти володіють більш високою здатністю до комплексоутворення з іонами ВМ порівняно з гуміновими, залишаючись при цьому рухливішими [2].

Як було зазначено раніше, свинець і мідь утворюють стабільніші комплекси порівняно з кобальтом і кадмієм, що пояснює їх високу концентрацію в ґрунтах. Встановлено, що вилугування свинцю з ґрунту майже не проходить. Він мігрує в основному в бікарбонатній формі, а також в складі органічних комплексів. Зниження концентрації свинцю у ґрунтах влітку можна пояснити вимиванням цього металу у поверхнісві води ставу (липень – 6,15 мг/л, серпень – 5,47 мг/л) та акумуляцією водною рослинністю. Також слід нагадати про велику здатність іонів свинцю до утворення комплексів з оксидами Fe і Mn, а при зниженні рН і зміні окисно-відновної ситуації такі комплекси дуже нестійкі.

Зниження концентрацій кобальту влітку пояснюється вилугуванням, зміною рН та окисно-відновною ситуацією.

Концентрація кадмію в ґрунтах зростає від квітня до серпня. Більшість дослідників вважає, що кадмій володіє досить високою міграційною здатністю, особливо в межах рН (5-9), але інші дані, одержані для ряду бухт США [8], показують, що при помірній лужності, кадмій стає менш рухливим в зв'язку з утворенням важкорозчинної фази — карбонату кадмію, сульфідів, та досить міцних зв'язування з органічними речовинами. Це, очевидно, має місце і в нашому випадку.

Концентрація міді дещо зростає від квітня до травня, а потім різко зменшується у літній період. Велика частина міді у ґрунтах знаходиться у вигляді гуматних і фульватних комплексних сполук. При цьому домінують останні. Відомо, що при значному забрудненні (в нашому випадку кадмієм) гумінові кислоти перетворюються у фульвокислоти, комплекси з якими характеризуються незначною міцністю.

У результаті зміни рН та окисно-відновної ситуації такі комплекси легко розкладаються. Тільки цим і можливо пояснити міграцію міді в ґрунтах, в цілому досить малорухливого елемента. Аналогічне явище спостерігається і в прибережному мулі.

Водорості

Одним із цікавих об'єктів, вивченню якого надається велике значення при оцінці токсикологічного забруднення, є водорості — первинні продуценти кисню і органічної речовини у водоймі. Інтенсивність надходження ВМ в клітини водоростей різноманітна і залежить від багатьох факторів, в тому числі від біологічних особливостей водорості і виду металу.

І. А. Сафонова [11] приходить до наступних висновків. Водорості в цілому дають більш високі коефіцієнти накопичення (КН), ніж інші прісноводні організми. КН різних елементів в межах одного виду водорості відрізняються значно більшою варіабельністю, ніж КН одного і того ж елемента різними водоростями.

Звідси випливає, що величина КН більшою мірою визначається природою хімічного елемента, ніж специфічністю організму. Тому градація елементів за ступенем їх накопичення в загальних рисах однакова для таких різних в систематичному відношенні груп, як бактерії, водорості, вищі водні рослини і водні тварини.

Накопичення металів водоростями проходить, перш за все, шляхом його адсорбції на клітинній стінці, що відмічено, наприклад, для *Chlorella stigmatophora* і *Ch. vulgaris* [11]. Саме цим і пояснюється максимальне поглинання ВМ водоростями зразу ж після внесення металів в їх культуру.

У наших дослідженнях встановлено такі послідовності вмісту в водоростях досліджуваних металів: квітень — Cd < Co < Cu < Pb; травень — Cd < Co < Cu < Pb; липень — Cd < Co < Cu < Pb, серпень — Co < Cd < Cu < Pb.

Весняні концентрації досліджуваних металів, окрім кадмію, значно переважають літні. Деякі дослідники [8] вважають, що фітопланктон протягом зими осідає на забруднені донні відклади, а весною змулюється.

У другу фазу весни спостерігається бурхливий розвиток комплексу діатомових водоростей — астеріонелла (*Asterionella*), табеллярія (*Tabellaria*). Деякі дослідники стверджують, що ці види водоростей мають значну чутливість до міді. З одержаних нами результатів можна зробити висновок, що діатомові водорості мають високу чутливість до кобальту та свинцю. Також сприяє акумуляції ВМ водоростями значна мінералізація води.

(квітень — 556 мг/л) Слід зазначити позитивну кореляцію між концентрацією ВМ у воді (навесні найвищі концентрації) та у водоростях.

Привертас увагу також те, що мідь сприяє збільшенню проникності клітинних оболонок у водних рослинах, що підвищує їх чутливість до дії інших металів

Оскільки у водоймі звичайно спостерігається присутність не одного, а декількох металів, дуже важливим у практичному відношенні є вивчення синергічної чи антагоністичної дії металів на водорості

Встановлено антагонізм міді і кадмію. Кадмій інгібує поглинання міді водоростями і знижує їх токсичність. Токсичність міді зменшується і в присутності кобальту [11]. Як видно з наших досліджень концентрація міді протягом вегетаційного періоду не змінюється Кадмій разом із свинцем викликають синергічний ефект і тільки при високих концентраціях свинцю його взаємодія з кадмієм носить антагоністичний характер Присутність заліза також частково інгібує поглинання кадмію, проте кобальт зовсім не впливає на нього.

За результатами наших досліджень концентрація досліджуваних металів у водоростях різко зменшується у липні, окрім кадмію. Це пов'язано з зниженням рН ($pH=7,4$), а адсорбція всіх металів зростає з зростанням концентрації H^+ . У серпні концентрація металів підвищується У цей період відбувається активна вегетація синьо-зелених (*Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria*) та зелених (*Scenedesmus*, *Pediastrum*) водоростей, що приводить до «півітіння води». При цьому відбувається підвищення рН ($pH=7,6$). У таких умовах при зниженні редокс-потенціалу метали виступають як активні комплексоутворювачі з органічними речовинами, утворюючи добре розчинні у воді хелати Хелатні форми Cu , Co , Pb найбільше засвоюються рослинами [12].

Концентрація кадмію у водоростях збільшується від квітня до серпня. Низькі температури послаблюють поглинання кадмію Крім того, оскільки різниця в температурі води впливає на швидкість росту, у водоростях, які швидко ростуть, його міститься менше, особливо навесні Адсорбція кадмію швидкозростаючими молодими культурами в цілому слабша, ніж старими культурами, які перестали рости (найбільше таких у серпні) Також встановлено, що зростання швидкості течії в напівзамкнутій протічній системі збільшує швидкість накопичення кадмію

Із літературних даних відомо, що мікроскопічні водорості мають більше значення в трансформації ВМ у водних екосистемах. Активно накопичуючи ВМ, водорості можуть впливати на розподіл їх в харчовому ланцюзі, на вертикальний і горизонтальний транспорт по акваторії. Велике значення надається водоростям як об'єктам моніторингу забруднення водойм, бо вони можуть накопичувати ВМ до таких кількостей, які на декілька порядків перевищують їх вміст у воді Частина біоти водоростей інтегрує в часі всі шкідливі впливи на водойми

Висновки

1. Проведено вивчення вмісту та проаналізовано міграційну рухливість міді, кобальту, кадмію та свинцю в складових водної екосистеми — вода, прибережний мул, ґрунти, водорості

2. Зростання вмісту ВМ у складових середовища така: *квітень* — для Co і Cu вода<прибережний мул>ґрунти<водорості; для Pb : вода<прибережний мул>ґрунти<водорості; для Cd вода<прибережний мул>ґрунти<водорості, *травень* — для Co , Pb , Cd вода<прибережний мул>ґрунти<водорості; для Cu вода<прибережний мул>ґрунти<водорості, *липень* — для Cu : вода<прибережний мул>ґрунти<водорості; для Pb , Cd , Co : вода<прибережний мул>ґрунти<водорості, *серпень* — для Cu , Cd : вода<прибережний мул>ґрунти<водорості; для Pb , Co : вода<прибережний мул>ґрунти<водорості.

3. Зв'язування важких металів у комплекси з розчинними органічними речовинами, адсорбція їх на завислих частинках, утворення комплексів з гуміновими кислотами, фульвокислотами та глинистими речовинами є основною причиною низького вмісту «вільних іонів», як однієї з найбільш токсичних форм

4. Порівнюючи одержані дані з величинами ГДК, можна зазначити, що Тернопільський став є досить забрудненою водоймою, особливо свинцем і кадмієм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бєдоконь В М, Нахшина Е П. Формы нахождения тяжелых металлов в донных отложениях водохранилищ Днепра // Гидробиол журн — 1990. — Т 26, № 2 — С. 83-89
2. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. - Новосибирск: Наука, 1991 - - 64 с
3. Козуля Г.В. Особливості поведінки техногенних елементів у ґрунтах різних орацій долинних ландшафтів середньої течії ріки Сів. Донець Автореферат дис канд географ наук 03 00 16 — Харківський Національний університет ім В.П каразіна. — Харків, 1999 — 8 с
4. Лакін В Т. Биометрия — М. Высшая школа, 1980 — 343 с.
5. Динник П Н. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции // Гидробиол журн — 1999 — Т 35, № 1 — С 22-41.
6. Динник П Н. Донные отложения как потенциальный источник вторичного загрязнения водной среды соединениями тяжелых металлов // Гидробиол журн — 1999 — Т 35, № 2 — С 97-107.
7. Динник П Н., Набиванец Б И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах — Л. Гидрометеоиздат. 1986 — 186 с
8. Динник П Н, Искра И В. Роль растворенных органических веществ в миграции цинка, свинца и кадмия в водохранилищах Днепра // Водные ресурсы — 1997 — Т 24, № 4 — С 494-502
9. Мур Дж В, Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния — М Мир. 1987 — С. 91-104.
10. Перельман А.И. Геохимия — М., Высшая школа, 1989 — С 273-284
11. Сафонова І А. Накопления ртути и других тяжелых металлов водорослями и водными растениями // Поведения ртути и других тяжелых металлов в экосистемах — Ч 1 Новосибирск, 1989. — С 64-100
12. Характеристика ґрунтів Тернопільської області. Тернопіль Тернопільський філіал інституту землекористування, 1988 — 67 с.
13. Ядыльская Н С., Лопотун А Г. Накопление микроэлементов и тяжелых металлов в растениях рыбо-водных прудов // Гидробиол журн - 1993 — Т 23, № 2 — С 40-45

G. Humenyuk

SEAZON'S DYNAMICS OF COOPER, COBALT, CADMIUM AND LEED CONTENTS AND MIGRATION THOSE METALS IN ECOSYSTEM OF TERNOPIL'S POUND

In this work seasonal distribution of some heavy metals (Cu, Co, Pb, Cd) among some components of water ecosystems (water, coastal mud, soils, water-plant) in Ternopil's pond was investigated independency from chemical state in aquatic environment.

Надійшла 20.12.2000

УДК 581.522.4:056.131

А.І. Герц¹, В.А. Андрійчук², І.І. Герц³

¹ Тернопільський державний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка

46027 Тернопіль, вул. М.Кривовоса, 2

² Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя

16009 Тернопіль, вул. Руська, 62

³ Тернопільський обласний еколого-натуралістичний центр

46012 Тернопіль, вул. Микулинська, 37

БІОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ ТА РІСТ АСТРОРОСЛИНИ *BRASSICA RAPA* L. ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ ОСВІТЛЕННЯ

Brassica rapa L. хлорофлі, нікотинаміди, ріст інтенсивність освітлення

Дослідження продуктивності вищих рослин в умовах зміни як екологічних, так і технологічних факторів культивування є важливим завданням при створенні перспективних систем їх життєзабезпечення в модельних, включно космічних, системах з використанням біологічних об'єктів [5].