

## ЗБІЖНІСТЬ ЗНАЧЕНЬ, ЯКІ ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ФУНКЦІОНАЛЬНУ АКТИВНІСТЬ ЗООПЛАНКТОНУ І ЗАБРУДНЕННЯ

Н. Ялинська, О. Андрущишин, О. Думич, О. Савицька

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна*

У глибоководних ставах властивості придонного зоопланктону, які піддаються вимірюванню, зумовлені збуреннями рівноваги у співвідношенні вмісту у воді розчинених органічних речовин (РОР) і металів – алюмінію, молібдену та свинцю (Al, Mo, Pb). Зв'язок РОР з металами описується рівняннями як лінійної, так і нелінійної моделі та проявляється у зниженні токсичності металів, передусім Al.

*Ключові слова:* стави, придонний шар, зоопланктон, інфузорії, розчинена органічна речовина, метали.

За матеріалом гідробіологічних і гідрохімічних проб зі ставів агрофірми з глибиною до 4 м протягом чотирьох років вивчали властивості видових систем придонного зоопланктону, концентрацію розчиненої органічної речовини (РОР) і валовий вміст металів – алюмінію, молібдену та свинцю (Al, Mo, Pb). **Встановлено, що у придонному шарі угруповання зоопланктону представлені, в основному, найпростішими, а саме інфузоріями.** Зміна в часі властивостей угруповань визначається різкими зсувами вмісту РОР.

Процес живлення інфузорій пов'язаний зі створенням потоків води й оновленням кисню, необхідного для перетравлення бактерій, розщеплення рослинного і тваринного матеріалу. Відтак і ступінь участі інфузорій у самоочищенні водойм залежить від зближення величин вмісту РОР і металів. Статистично доведено, що зв'язок РОР з Al функціональний; двовимірне групування значень перманганатної окислюваності (ПО) з Mo і Pb, кисню з Pb є неоднозначним.

Наведені відомості є важливими. Довготривале вивчення показників впливу антропогенних факторів становить одне із головних завдань служби моніторингу за станом біосфери [3, 4, 6, 10, 12, 14].

### Матеріал і методи

Матеріал у вигляді 820 гідробіологічних і 504 гідрохімічних проб зібраний на ставах агрофірми «Провесінь» спеціально сконструйованим батометром у шарі 0–20 см від дна водойми з періодичністю відбору 2–3 дні. Стави розташовані у Розточчі, в місцях пониженого рельєфу і призначені для поливання овочевих культур тепличного господарства. Їхня загальна площа 15,75 га, глибина – до 4 м, вони неспускні, з берегами, покритими цементними плитами. Методи обробки проб, способи визначення часу генерації інфузорій, їхньої продукції та значення в деструкції, особливості гідрохімічного режиму описані в літературі [1, 2, 13, 19]. Відомості про фітопланктон ставів запозичені в І. С. Хамара [16].

Вміст металів визначали атомно-абсорбційною спектроскопією на приладі КАС 120.1; зв'язок їх із киснем (O<sub>2</sub>) і ПО<sup>1</sup> – за допомогою системи програм Statgraphics.

За даними аналізу, у ставах агрофірми протягом літніх місяців 1991–1994 рр. верхні

1 У ставах органічні речовини перебували на різних ступенях відновлюваності, і тому в аналізах до біхроматного окислення не вдавалися. ПО доволі точно відображає вміст вуглецю, а показник біологічного споживання кисню (БСК5) – вміст розчиненої органічної речовини [18].

шари прогрівались до 32°C, рН і вміст  $O_2$  коливалися в межах 6,0–9,2 і 0,6–19,7 мг/дм<sup>3</sup> відповідно; БСК<sub>5</sub><sup>1</sup> 0,3–13,0 мг $O_2$ /дм<sup>3</sup>, ПО<sup>1</sup> 2,0–26,2 мгО/дм<sup>3</sup>, показники агресивної окислюваності – 40–80%. Сумарний вміст завислих і розчинених форм металів варіював у такому ж широкому діапазоні. При «гіперцвітінні» води синьозеленими, діатомовими і евгленовими водоростями, тобто за безкисневих умов, і у випадку, коли якісний склад РОР ставав менш різноманітним, концентрація металів підвищувалася – Al до 49,0, Mo – 281,0, Pb – 239,4 мкг/дм<sup>3</sup>.

Вміст «вільних» іонів металів не визначали, вважаючи, що їхні лабільні фракції становлять нерідко дуже малу частку від загального вмісту у поверхневих прісних водах [3].

### Результати і їхнє обговорення

У зоопланктоні придонного шару ставів під час спостережень виявлено загалом 127 видів інфузорій [1] і 75 видів коловерток, гіллястовусих і веслоногих ракоподібних [2]. Більше 70% із них були рідкісними. Основу угруповань становили одноклітинні – види хімічно нестійкого середовища, а саме інфузорії (надалі In). На їхню частку припадало: за чисельністю навесні 97,16–99,90%; влітку 91,72–99,50%; восени 94,62–99,41%; за біомасою відповідно 38,60–95,72%; 4,60–96,41%; 2,49–73,39%. Переважання In можна пояснити. Їх популяції з високою щільністю звичайно трапляються в біотопах, де немає Metazoa [17]. За екстремальних хімічних умов вони здатні знаходити багато різних джерел їжі [17]. Нечисленні багатоклітинні були представлені, в основному, Rotatoria. Ракоподібні – Cladocera, життєвий цикл яких проходить за типом гетерогонії, і Copepoda з тривалим та складним життєвим циклом і здатністю на личинковій стадії розвитку впадати у діапаузу – багатством не вирізнялися.

Активність відгуків зоопланктону на забруднення залежала від турбулізації водних мас, впливу донних процесів, пресу металів, наявності і тривалості водоростевого «цвітіння» води, біології окремих видів, присутності в угрупованнях хижих веслоногих ракоподібних і коловерток, які контролювали розмір популяцій In.

Розглянемо властивості видових систем зоопланктону придонного шару (див. таблицю), які виявлялись при дефіциті  $O_2$  – тобто в ситуації, коли вміст біодоступних розчинених форм металів різко збільшується [7, 8]. Зручною моделлю в такому випадку є In. У них високий ступінь організації кортикальних і ротових структур, тонке сприйняття подразнення і швидке проведення збудження, що дає змогу помічати найменші прояви порушення середовища [17]. Їхні механорецептори локалізовані виключно на поверхні тіла, а для прояву хемотаксису особливо важливим є значення рН [17].

Наведені у таблиці дані щодо властивостей угруповань зоопланктону придонного шару ставів, які різняться за показниками та умовами формування гідрохімічного режиму, є результатом попередніх досліджень авторів, спрямованих на з'ясування структурно-функціональної організації видових систем інфузорій даних гідроекосистем за допомогою використання загальноприйнятих у гідробіології індексів і показників [1, 2, 13].

Зміна рН призводить до вивільнення металів [7, 9], зниження – до зростання міграційного потоку органічних речовин із донних відкладів у контактуючу воду [7, 8].

Властивості угруповань In залежні від перепаду значень розчиненого кисню і форм азоту. Якщо дефіцит  $O_2$  формується протягом порівняно нетривалого часу, то формування альгоценозів визначають аделопатичні взаємовідносини і зміни у концентрації металів унаслідок стримуючого впливу РОР відбуваються повільно та поступово (став №4), угруповання стають більш різноманітними, численними, стійкими, утворюють велику продукцію і є більш активними в сумарній деструкції. У будь-якому випадку, в тому числі і в

Властивості видових систем інфузорій придонного шару ставів за дефіциту кисню

Властивості угруповань	Стави, №		
	1	4	3
Кількість видів	95	102	66
Чисельність, тис.екз./м <sup>3</sup>	40 000,0–120 000,0	160 000,0–289 100,0	10 000,0–50 000,0
Середня біомаса, г/м <sup>3</sup>	13,88	57,68	0,35
d – індекс Маргалефа	1,15...0,82	2,21...2,05	0,74...0,73
H – індекс Шеннона	1,60...0,89	1,72...1,93	1,46...1,15
C – індекс вирівняності за Шенноном	0,65...0,38	0,52...0,61	0,77...0,58
Домінантний комплекс, D, %			
- гістофаги;	60,9...85,6	10,0...60,5	–
- всеїдні, гістофаги, бактеріофаги;	–	–	29,6...73,3
- великі бентосні види зі здатністю до переміщення;	70,2...75,6	20,8...66,2	–
Середньодобова продукція, кДж/м <sup>3</sup>	86,94	253,57	3,14
P/B – коефіцієнт доба <sup>-1</sup>	3,0	2,1	4,3
Деструкція (витрати O <sub>2</sub> на дихання), кДж/м <sup>3</sup> ·місяць	998,32	1592,17	34,15...35,80
Деструкцію в основному забезпечують	Детритофаги		
	Гістофаги		
	–	Альгофаги	Всеїдні, бактеріофаги
K <sub>2</sub>	0,64	0,72	0,56

періоди релаксації POP, коефіцієнт використання засвоєної їжі на ріст (K<sub>2</sub>) є високим, що характерно для популяцій, які активно розмножуються [1, 11, 13]. У водоймах іншого типу коефіцієнт K<sub>2</sub> In не перевищує 0,49 [11]. Слід звернути увагу на цю обставину. Виходить, що у ставах, незважаючи на те, що в літні місяці верхні (багаті киснем) шари води нагріваються і перестають змішуватися з нижніми холодними масами води, In вносять велику частку у кругообіг органічної речовини. 56–72% засвоєної інфузоріями їжі мінералізується у процесі життєдіяльності, а 28–44% у вигляді біомаси надходить у процесі кругообігу на наступні трофічні рівні.

Трансформацію речовини і енергії в основному забезпечували: рухливі бентосні великі детритофаги *Loxodes rostrum* O.F.Müller, *L. striatus* Penard, *L. magnus* Stokes, *Stentor polymorphus* Ehrb.-Stein, повзаючи по дну *Spirostomum teres* Clap.-Lach. і *Frontonia acuminata* Ehrb. з зоохлорелами, яка тяжіє до світла, а також зі здатністю до переміщення дрібні гістофаг *Coleps hirtus* Nitzsch. і бактеріофаги *Urotricha furcata* Schew., *Cyclidium obliquum* Kahl.

За безкисневих умов просторово повністю опановував нішу *C. hirtus*. У цього виду є незвична структура, яка відповідає за постійність форми тіла. У зовнішній зоні його системи альвеол містяться полісахаридні пластинки з вапняком, які надають кортикальній плазмі особливої стабільності [17] і, відповідно, оберігають клітину-організм від того, щоби плазматична мембрана безпосередньо не контактувала з цитоплазмою.

Зазначимо, що аналогічна картина спостерігається і в реакції на POP в угрупованнях коловерток [2], які можна порівняти з інфузоріями. Ці багатоклітинні тварини мають війчастий покрив, елементи якого є похідними ектодерми. Як усі ектосоматичні органи, він зазнає сильного впливу чинників довкілля, з якими функціонально пов'язаний.

У сумарному впливі на зоопланктон придонного шару різноманітних і різноспрямованих параметрів середовища у ставах переважає не стільки вплив металів, скільки швидкість зміни абіотичних чинників, таких як POP, від яких залежить можливість існування окремих видів за даних умов.

Відомо, що зв'язування металів у комплекси (що знижує їхню токсичність) відбувається за участі органічних речовин [6–8, 10]. Наскільки тісно пов'язаний вміст Al, Mo, Pb у досліджуваних нами ставах із кількістю розчиненого кисню ( $O_2$ ) і забезпеченістю вуглецем (ПО)? Який характер (напрям, лінійність, значимість) цієї залежності, якщо вона існує? Чи небезпечні для зоопланктону виявлені у воді метали? При низьких ( $<100$  мкг/дм<sup>3</sup>) значеннях їхньої концентрації процес комплексоутворення відбувається повільно, рівновага у системі досягається протягом багатьох діб, а кількість металу, яка зв'язується у комплекси, є незначною [6–8]. Не зв'язані у комплекси метали для біоти токсичні [1–3, 7, 8, 10, 12, 13, 19].

Завдання ми вирішували за допомогою системи програм Statgraphics. Система включає схему розрахунків і допомагає отримати три блоки відомостей: результати кореляційного, дисперсійного та регресійного аналізів. Передбачалися дві ситуації: 1) випадок, коли ступінь свободи варіацій становив 1; 2) випадок, коли кількість значень, які спостерігались у сукупності варіант за даними  $M_{\text{ср}}$ , дорівнювала 5–6.

Попередніми дослідженнями авторів виявлено, що зв'язок між значеннями фіксованих змін  $O_2$  і ПО ( $x$ , мкг/дм<sup>3</sup>) та валовим вмістом Al, Mo, Pb, ( $y$ , мкг/дм<sup>3</sup>) є достатньо вираженим [19].

В одному випадку можна стверджувати, що зв'язок лінійний – відхилення від лінійного закону неістотні, в іншому – зв'язки описуються іншими функціями, про що йтиметься далі.

У ставі №1, водність якого залежала перш за все від великих залпових витрат води на поливання вирощуваних овочевих культур, спостерігали суттєве навантаження ОР перш за все за рахунок господарських стоків, склад і кількість яких відрізнялися складністю, нестабільністю і, відповідно, нестійкістю сполук: у став надходили стоки із житлового масиву, з котельні, свиноферми і після пропарювання ґрунту. Резерв РОР забезпечувала і ОР, створювана синьо-зеленою водорістю *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, а також рухливі у донних відкладах сполуки вуглецю й азоту. У дні водоростевого «цвітіння» води величина БСК<sub>5</sub> – споживання  $O_2$  на 5-ту добу – викликала повне споживання розчиненого  $O_2$ . Процес, який супроводжувався збільшенням енергії органічних речовин за рахунок водорості, тривав 20 діб.

За таких умов зв'язок між вмістом у воді розчиненого  $O_2$  ( $x$ ) та концентрацією Al ( $y$ ) має тип реципрокної моделі гіперболічного характеру. Кореляція є сильною і доволі близькою до функціональної залежності ( $r=-0,98$ ,  $P_r=96,01$ ;  $P_r$  – коефіцієнт детермінації для  $r$ ). Залежність описується рівнянням  $y=1/a+bx$ , де  $a$  і  $b$  – коефіцієнти рівняння.

Коефіцієнт кореляції від'ємний. Це вказує на те, що зміна вмісту  $O_2$  у бік збільшення призводить до зниження концентрації Al. У цьому ж ставі, за тих же умов, залежність між ПО і Pb є лінійною, зв'язок позитивним, зі середньою щільністю, невірогідним ( $r=0,61$ ,  $P_r=37,29$ ). Низьке значення  $P_r$  свідчить про те, що показники вмісту Pb загалом більше залежать від інших чинників ( $P_{\text{зал.}}=62,71$ ), ніж від значень органічного вуглецю РОР.

Став №4 має водопостачання з інших ставів і слабкий прес господарсько-побутових стоків. Витрата води на потреби тепличного господарства тут повільно врівноважувалася її надходженням. «Цвітіння» води *A. flos-aquae* – процес падіння кисневої продуктивності його клітин і посилення процесу деструкції, який відбувається із поглинанням  $O_2$  [15], – було менш затяжним. «Цвітіння» супроводжувалося біомасою того ж порядку (83,71–107,4 мкг/дм<sup>3</sup>) інших видів водоростей, виділення яких знижують антибіотичну активність метаболітів синьо-зелених [15].

Зв'язок між ПО і Мо у цьому випадку можна описати рівнянням мультиплікативної моделі ступеневого типу  $y=ax^b$ . Збільшення вмісту умовної ОР не призводить до зниження

концентрації Мо. Кореляція наявна, позитивна. За z-розподілом Фішера вірогідність такого твердження не доведена ( $r=0,80$ ,  $P_r=64,31$ ). Спостереження, однак, не заперечують тісного зв'язку.

Став №3 живиться талою водою, зливовими опадами і стоковими водами заболоченого лісового покриву. Як і в інших водоймах [9], у даному ставі зв'язування металів у комплекси відбувається за рахунок гумусових речовин. Однак їхня роль є неоднозначною і залежить від функціональної активності фітопланктону. Наприклад, при вибухоподібному – в розумінні Н. В. Кондратьєвої [15] – руйнуванні клітин *A. flos-aquae*, біомаса якого протягом 15 днів досягала 810,28 мг/дм<sup>3</sup> і не зменшувалась нижче 383,02 мг/дм<sup>3</sup>, координатні напрями не вказували на наявність зв'язку РОР з Pb (полігон 11 частот; БСК<sub>5</sub> 1,5...2,05 О<sub>2</sub> мг/дм<sup>3</sup>; О<sub>2</sub> 9,6...8,1...11,5...10,5...3,2...7,2 мг/дм<sup>3</sup>). Обмежений запас РОР як результат швидкого процесу розкладання органічних сполук водоростевого походження [4, 15] і, можливо, вплив біологічно активних екзометаболітів *A. flos-aquae* на деструкцію органічної речовини [5], призвели зразу ж після «цвітіння» до різкого збільшення концентрації Pb (239,4 мкг/дм<sup>3</sup>), а потім після 5-ти діб – до різкого її зниження (5,2 мкг/дм<sup>3</sup>).

Коли «цвітіння» не було, вміст розчиненого О<sub>2</sub> коливався у межах 12,0...2,5...3,9...0,6 мг/дм<sup>3</sup>, БСК<sub>5</sub> 1,35...11,75...2,12...2,71 О<sub>2</sub> мг/дм<sup>3</sup>. Кореляція у системі зв'язку О<sub>2</sub>/Al виявилася тісною, позитивною ( $r=0,81$ ), а О<sub>2</sub>/Pb – середньою, від'ємною ( $r=-0,69$ ). В обох випадках зв'язок лінійний, описується рівнянням  $y=a+bx$ . Значення  $P_r$  (65,72 і 47,72 відповідно) вказують на те, що збагачення води О<sub>2</sub> істотно контролює концентрацію Al, меншою мірою – Pb. «Розмитість» зв'язку збігається з різкими перепадами величин БСК<sub>5</sub>. У багатководні роки даються взнаки мутність і явища, які нами не враховувалися.

Як бачимо, навантаження металів знижує вміст РОР. Компонентний склад і швидкість зміни у часі РОР – суттєві показники, які пояснюють їхню силу зв'язку з металами. У ставі №1 в утворенні комплексів основну роль відіграють РОР нерегульованого вхідного потоку і продуковані *A. flos-aquae* метаболіти, які накопичуються у лаг-фазі в результаті прижиттєвого екскретування. Варіювання складу РОР не додає стійкості системі. У водозбірному ставі №4 вода збагачується прижиттєвими і постлетальними метаболітами *A. flos-aquae*. Зв'язування металів у комплекси тут зумовлене, в основному, фотосинтезом – процесом, який супроводжується збільшенням енергії органічних речовин. Систему стабілізують продукти метаболічної взаємодії синьо-зелених і зелених водоростей (*Oocystis borgei* Snow.). У ставі №3 РОР представлені переважно гумусовими речовинами – сполуками з широким спектром функціональних груп і невисокою здатністю до зв'язування металів [7, 9]. Нестійкості системи сприяють раптові опади і спонтанне зникнення *A. flos-aquae*, який викликає «гіперцвітіння» і який не здатний протистояти інгібуючому впливові власних метаболітів [15].

РОР автохтонного і алохтонного походження стримують накопичення Al, особливою якою є не лише амфотерність, а й спорідненість до кисню [8, 10], але не так успішно знижують концентрацію Мо і Pb – металів зі широкою варіацією властивостей [10].

Зоопланктон придонного шару глибоководних ставів представлений 202 видами. У складі домінують інфузорії типу Ciliophora. Їхня чисельність досягає 382500,0 тис.екз./м<sup>3</sup>, біомаса – 199,14 г/м<sup>3</sup>. На частку інших компонентів зоопланктону (коловертки, гіллястовусі та веслоногі ракоподібні) за кількістю припадає не більше 8,3%. Прояв властивостей угруповань, пов'язаних з числом видів, які до них входять, періодичністю, масонакопиченням, а також таких властивостей, як вразливість і стійкість, не так жорстко залежить від форм Al, Мо, Pb, які не зв'язані з РОР, як від здатності видових систем зоопланктону

біологічно пристосовуватися до умов проживання, здатності уникати різних коливань концентрації органічних речовин зі швидкою деструкцією.

*Автори щиро вдячні доцентів кафедрі біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка Р.Я. Гумецькому за неоціненну допомогу при виконанні роботи.*

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрущишин О. П. Інфузорії придонного шару водойм західного регіону України: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.18. К., 1996. 24 с.
2. Думич О. Я. Зооіндикація стану штучних і природних водних екосистем заходу України: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Дніпропетровськ, 2005. 20 с.
3. Жулидов А. В. Физико-химическое и химическое состояние металлов в природных водах: токсичность для пресноводных организмов // Экологическое нормирование и моделирование антропогенного воздействия на водные экосистемы. Л.: Гидрометеиздат, 1988. С. 78–82.
4. Клоченко П. Д. Метаболізм у прісноводних водоростей та його роль у формуванні їх угруповань і якості води: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.18. К., 2002. 38 с.
5. Курейшев А. В. Влияние биологически активных экзометаболитов водорослей на деструкцию органического вещества // Гидробиол. журн. 2006. Т. 42. № 4. С. 49–56.
6. Лапин И. А., Едигарова И. А. Взаимодействие метаболитов водных организмов с ионами тяжелых металлов в природных водах (обзор) // Гидробиол. журн. 1990. Т. 26. № 2. С. 3–11.
7. Линник П. Н. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции // Гидробиол. журн. 1999. Т. 35. №1. С. 22–42.
8. Линник П. Н. **Алюминий в природных водах: содержание, формы миграции, токсичность** // Гидробиол. журн. 2007. Т. 43. № 2. С. 80–102.
9. Линник П. Н., Васильчук Т. А., Линник Р. П. Гумусовые вещества природных вод и их значение для водных экосистем (обзор) // Гидробиол. журн. 2004. Т. 40. №1. С. 81–107.
10. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния // М.: Мир, 1987. 228 с.
11. Небрат А. А. Динамика численности и биомассы планктонных инфузорий открытых зон Кременчугского водохранилища, их продукция и роль в деструкции органического вещества // Гидробиол. журн. 1975. Т. 11. № 2. С. 18–27.
12. Никаноров А. М., Жулидов А. В., Покаржевский А. Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 144 с.
13. Олексів І. Т., Ялинська Н. С., Брагінський Л. П. та ін. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень (теорія, методи, практика використання). Львів: Світ, 1995. 440 с.
14. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПИН №4630-88. М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1988. 69 с.
15. Сиренко Л. А., Козицкая В. Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. К.: Наук. думка, 1988. 256 с.
16. Хамар І. С. Фітопланктон ставів як показник їх екологічного стану: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.18. К., 1996. 24 с.
17. Хаусман К. Протозоология. М.: Мир, 1988. 334 с.
18. Шестерин И. С., Розова Т. Л., Богданова Л. А. и др. Инструкция по химическому анализу воды прудов. М.: ВНИИПРХ, 1985. 46 с.

19. Ялынская Н.С., Олексив И. Т., Андрущишин О. П. и др. Гидробиологические индикаторы токсификации прудов Западного региона Украины // Гидробиол. журн. 2002. Т. 38. № 4. С. 57–70.

*Стаття: надійшла до редакції 17.02.10*

*доопрацьована 11.05.11*

*прийнята до друку 19.05.11*

## CONJUGACY OF VALUES WHICH CHARACTERIZE THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF ZOOPLANKTON AND POLLUTION

**N. Yalynska, O. Andrushchyn, O. Dumych, O. Savytska**

*Ivan Franko National University of Lviv  
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine*

The measurable features of near-bottom zooplankton in deep-water ponds are conditioned by disturbance of balance in dissolved organic substances and metals (Al, Mo, Pb) content. A bond of dissolved organic substances and metals is described by equation of both linear and nonlinear models. The dissolved organic substances reduces mainly the toxicity of Al (the metal with high acceptor (concerning oxygen) capability).

*Key words:* ponds, near-bottom layer, zooplankton, infusoria, dissolved organic substance, metals.

## СХОДИМОСТЬ ЗНАЧЕНИЙ, КОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИЗУЮТ ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА И ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**Н. Ялынская, О. Андрущишин, О. Думич, О. Савицкая**

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко  
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина*

В глубоководных прудах свойства придонного зоопланктона, которые поддаются измерению, обусловлены смещением равновесия в соотношении содержания в воде растворенных органических веществ (РОВ) и металлов – алюминия, молибдена и свинца (Al, Mo, Pb). Связь РОВ с металлами описывается уравнениями как линейной, так и нелинейной моделей и проявляется в снижении токсичности металлов, прежде всего Al.

*Ключевые слова:* пруды, придонный слой, зоопланктон, инфузории, растворенное органическое вещество, металлы.