

## ВПЛИВ АМОНІАКУ НА ФОРМУВАННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВОД ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВИЗНАЧЕНОЇ НА *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* (BLOCH, 1782)

Е. О. Аристархова, [ella.aryst@gmail.com](mailto:ella.aryst@gmail.com), Інститут агроєкології і  
природокористування НААН, м. Київ

**Мета.** Виявлення впливу амоніаку у водах поверхневих джерел водопостачання м. Житомира на формування токсичності цих вод, визначеної за тест-реакціями нетипової рухової активності карася сріблястого *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) з використанням методу «time sampling» впродовж 2012–2014 рр.

**Методика.** Для біотестування на КП «Житомирводоканал» у період досліджень один раз на місяць відбирали водні проби об'ємом 8 дм<sup>3</sup> на групу з водосховищ р. Тетерів та водопровідної мережі водоканалу, які переливали у акваріуми (10 дм<sup>3</sup>) і формували контрольну та дослідні групи за наступною схемою: контрольна група — проби відстояної (24 год) водопровідної води; дослідна група Д-1 — проби води з водосховища Денишівського; дослідна група Д-2 — проби води з водозабору Відсічне. Тест-об'єкти — самиці карася сріблястого. Біотестування проводили методом «time sampling» з експонуванням особин протягом 12 год ( $n = 30$ ). Індекси токсичності вод розраховували за наступними тест-реакціями: спіралеподібні та векторні рухи, вистрибування з води, іммобілізація та загибель особин. Для статистичної обробки результатів досліджень використовували кореляційний і регресійний аналіз за програмами Microsoft Office Excel 2007 та Statistica-6.

**Результати.** У дослідженнях виявлено вплив амоніаку на токсичність вод водосховищ р. Тетерів, визначену за показниками нетипової рухової активності карася сріблястого з використанням методу «time sampling», який полягає у миттєвій фіксації кількості особин, що надають перевагу тому чи іншому акту поведінки. Показано, що неадаптовані до дії амоніаку самиці карася сріблястого реагували на його концентрацію у воді понад 0,55 мг/дм<sup>3</sup> порушенням рухливості. На відміну від риб дослідних груп, у особин контрольної групи були виявлені лише поодинокі нетипові рухові акти. Між вмістом амоніаку у водах поверхневих джерел водопостачання та токсичністю цих вод у 2012 р. визначено позитивний кореляційний зв'язок середнього ступеня, який мав тенденцію до посилення, і у 2014 р. досяг сильного ступеня ( $r = 0,6773$  — у водосховищі Денишівському та  $r = 0,6685$  — у водозаборі Відсічне). Побудовані за отриманими даними рівняння прямолінійної регресії дозволяють прогнозувати окремо для водосховища і водозабору токсичність поверхневих вод за концентрацією у них амоніаку.

**Наукова новизна.** Вперше виявлена залежність токсичності вод поверхневих джерел водопостачання м. Житомира, що була визначена методом «time sampling» з використанням тест-реакцій нетипової рухової активності карася сріблястого (*C. auratus gibelio*), від вмісту амоніаку у цих водах. За наведеними рівняннями прямолінійної регресії визначено небезпечну межу концентрації амоніаку (0,58 мг/дм<sup>3</sup>), за якої досягається 50%-ва токсичність вод по відношенню до карася сріблястого.

**Практична значимість.** Результати досліджень використовуються для проведення біологічного моніторингу токсичності вод водосховищ р. Тетерів.

**Ключові слова:** токсичність вод, *C. auratus gibelio*, амоніак, біотестування, нетипова рухова активність, метод «time sampling».



**INFLUENCE OF AMMONIA ON FORMING THE TOXICITY OF WATERS FROM THE SURFACE SOURCES OF WATER SUPPLY DETERMINED ON *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* (BLOCH, 1782)**

**E. Arystarkhova**, ella.aryst@gmail.com, Institute of Agrarian Ecology and Nature Use NAAS, Kyiv

**Purpose.** Determination of the influence of ammonia in waters from surface sources of water supply of Zhytomyr city on forming the toxicity of these waters determined by test-reactions of atypical motor activity of *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) with the use of the «time sampling» method during 2012–2014.

**Methodology.** Biotesting was performed at the Municipal Enterprise "Zhytomyrvodokanal". Water samples were taken once a month time from the Teteriv river reservoirs and tap water network and then placed into aquaria (8 dm<sup>3</sup> on a group). Control and experimental groups of fish were formed according to the following scheme: control group — samples of settled (24 hours) tap water; experimental group D-1 — water samples from the Denyshivske reservoir; experimental group D-2 — water samples from the Vidsichne water intake. Test specimens were females of *C. auratus gibelio*. Biotesting was conducted using the «time sampling» method by keeping fish (n=30) in water for 12 hours. The toxicity indexes of waters were calculated on the basis of the following test-reactions: spiral-like and vector movements, jumping out from water, immobilization and death of fish. Statistical processing of study results were performed using cross-correlation and regression analysis in MS Excel 2007 and Statistica-6.

**Findings.** The study showed an effect of ammonia on the toxicity of waters from reservoirs of the Teteriv river that was determined by atypical motor activity with the use of the «time sampling» method, which consisted in the instantaneous fixation of the number of individuals that favored one or another act of behavior. It was shown that females not adapted to the action of ammonia reacted to its concentration in water of more than 0.55 mg/dm<sup>3</sup> by disorders in movements. Unlike fish of experience groups, only single pathological acts were observed in the control group. A positive moderate relationship, which had a tendency to an increase, was found between the ammonium content water of surface sources of water supply and their toxicity in 2012, and it reached high degree in 2014 (r=0.6773 in Denyshivske reservoir and r=0.6685 in Vidsichne water intake). The linear regression equations built from obtained data allow forecasting the toxicity of surface waters by ammonium concentration separately for the reservoir and water intake.

**Originality.** Dependence of the toxicity of waters from the surface sources of water supply of Zhytomyr city on ammonium content in these waters was first determined by test-reaction of atypical motor activity of *C. auratus gibelio* with the use of the «time sampling» method. The linear regression equations allowed determining the dangerous threshold of ammonia concentration (0.58 mg/dm<sup>3</sup>) which resulted in 50% water toxicity for *C. auratus gibelio*.

**Practical value.** Results of the study are used for biological monitoring of water toxicity of Teteriv river reservoirs.

**Keywords:** water toxicity, *C. auratus gibelio*, ammonia, biotesting, atypical motor activity, «time sampling» method.

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

У водному середовищі внаслідок розщеплення органічних азотвмісних речовин (амоніфікації) утворюється вільний амоніак, який, маючи високу дисоціюючу здатність, розчиняється у воді з утворенням іонів амонію, запускаючи таким чином процес нітрифікації, завдяки якій нейтралізуються токсичні сполуки нітрогену (амоній, нітрити та нітрати). Однак у деяких випадках перетворення амоніаку гальмується, і тоді у водних об'єктах виявляється його



підвищена концентрація, що є індикатором свіжих органічних забруднень і негативно відбивається на якості води та стані водного населення.

У літературі з'являється все більше даних про те, що перевищення ГДК амоніаку, надзвичайно небезпечної для біоти речовини [1–4], стає у останнє десятиліття типовим явищем для поверхневих вод. Доволі часто перевищуються навіть значення нормативів, які обмежують концентрацію амоніаку у воді джерел водопостачання, що є менш жорсткими, ніж для вод культурно-побутового та рибогосподарського призначення. Більшість вчених стурбовані такою ситуацією і перш за все вказують на невідповідність між нормативною базою України та ЄС відносно вмісту амоніаку у воді, призначеній для питного користування [3–6]. Оскільки існує подібне розходження у нормативних показниках, ряд авторів пропонують проводити додаткове оцінювання якості цих вод на представниках хребетних тварин, зокрема на рибах, щодо виявлення негативних впливів вод, забруднених амоніаком, на живі організми [5–9].

### ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Амоніак є вкрай токсичним для більшості видів риб. Одночасно у водному середовищі він розглядається як стрес-фактор, який викликає порушення деяких фізіологічних процесів в організмі риб. За дії його підвищеного вмісту відбувається ураження зябрового епітелію та порушується дихальна функція особин, у системі крові спостерігається гемоліз еритроцитів тощо. У концентрації 0,2–1,0 мг/дм<sup>3</sup> аміак може призводити до летальних наслідків більшості видів риб. Однак у водоймах з підвищеним вмістом амоніаку здатні виживати навіть деякі чутливі до цієї речовини види [4, 6–9]. З одного боку, це пов'язано з особливостями буферної ємності водойм щодо залучення амоніаку у процеси нітрифікації (тобто його знезараження у ланцюзі перетворень від іонів амонію до нітратів та вільного азоту), а з іншого — із здатністю риб адаптуватися до умов забрудненого середовища, у тому числі до присутності у ньому багатьох небезпечних азотистих сполук. Тому, враховуючи зазначені особливості, для біотестування токсичності вод джерел водопостачання доцільно обрати вид риби, який є стійким до амоніаку, щоб запобігти сильному ураженню та швидкій загибелі особин. Таким видом є карась сріблястий *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) — типовий представник поліських водойм. Проте для ефективного проведення досліджень тест-організми, задіяні у них, мають бути неадаптованими до підвищеного вмісту цієї речовини у водному середовищі, щоб за порушеннями рухових актів риби можна було визначити рівні токсичності дослідних вод. Тобто, середовище, у якому здійснюється утримання риби перед проведенням досліджень, повинно бути значно чистішим за дослідне, наприклад, за використання дехлорованої водопровідної води. Це сприятиме не тільки чіткому визначенню рівнів небезпечності вод, але й дозволить з'ясувати, наскільки токсичність цих вод обумовлена вмістом амоніаку. Для підвищення вірогідності отриманих експериментальних даних доцільно проаналізувати їх за тривалий період часу — декілька років.

Відповідно, метою досліджень є виявлення впливу амоніаку у водах поверхневих джерел водопостачання м. Житомира на формування токсичності цих вод, визначеної за тест-реакціями нетипової рухової активності карася сріблястого (*C. auratus gibelio*) з використанням методу «time sampling» впродовж 2012–2014 рр.



## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для біотестування сумісно із співробітниками КП «Житомирводоканал» впродовж 2012–2014 рр. один раз на місяць відбирали водні проби у розрахунку 8 дм<sup>3</sup> на групу за загальноприйнятою методикою [3–5] з водосховища Денишівського і водозабору Відсічне р. Тетерів, а також водопровідної мережі водоканалу, які переливали у акваріуми (10 дм<sup>3</sup>) і формували контрольну та дослідні групи за наступною схемою:

- контрольна група — проби відстояної (24 год) водопровідної води;
- дослідна група Д-1 — проби води з водосховища Денишівського;
- дослідна група Д-2 — проби води з водозабору Відсічне.

*Тест-об'єкти*: самиці карася сріблястого (*C. auratus gibelio*), аналоги за віком (3 тижні).

*Утримання*: в акваріумах на 10 дм<sup>3</sup> води, концентрація кисню у якій не менша ніж 6 мг/дм<sup>3</sup>, температура +20±2,5<sup>0</sup>С, водневий показник рН — не нижчий ніж 7,0, а щільність посадки — 1 особина/дм<sup>3</sup> в умовах природної освітленості.

*Годівля*: постійно — рослинами (водорості, листя водних рослин), а на початку кожного тестування — сухим (дафнії) та живим (циклопи, трубочник) тваринним кормом.

*Тест-реакції*: нетипової рухової активності (спіралеподібні рухи та вистрибування з води, перевага векторних рухів над плавними, іммобілізація та загибель особин).

*Експонування*: на гостру токсичність (acute toxicity) впродовж 12-ти год.

*Біотестування*: спостереження за особинами через кожні 4 год методом «time sampling» (тобто миттєва фіксація кількості риб, що надають перевагу певному нетиповому акту поведінки).

Вміст загального амоніаку у воді визначали фотометричним методом з реактивом Неслера, концентрацію розчиненого кисню контролювали оксигенометром, значення водневого показника — рН-метром, температуру — водним термометром.

Експерименти проводили у 3-кратній повторності, використовуючи стандартні методики та власні розробки [3, 5–10].

Отримані у дослідних групах дані порівнювали з контролем. Оскільки значення показників нетипової рухової активності риб були вищими, ніж контрольні, для розрахунку індексу токсичності використовували загальноприйнятну формулу [3], видозмінену нами таким чином, що величини тест-реакції особин у контролі та досліді були замінені на протилежні:

$$T = \frac{I_o - I_k}{I_o} 100\%,$$

де: T — індекс токсичності, %;

$I_o$  — величина тест-реакції особин у досліді;

$I_k$  — величина тест-реакції особин у контролі.



На небезпечність вод для живих організмів вказували індекси токсичності, значення яких перевищували 50%.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Однією з причин появи амоніаку у річках і водоймах може бути його присутність у стоках промислового, комунально-побутового та сільськогосподарського походження [1, 9–11]. За умов постійного потрапляння таких стоків у поверхневі води амоніак також часто утворюється з їх азотвмісних складових (білків, амінокислот тощо) безпосередньо у водних об'єктах. Іншою, досить розповсюдженою причиною надходження амоніаку до поверхневих вод є розкладання планктонних водоростей, угруповання яких після інтенсивного росту і нарощування значної біомаси зазнають деструкції. Це призводить до зниження концентрації розчиненого кисню (РК) і спричиняє задухи риби та інших гідробіонтів [12], внаслідок процесів гниття яких вміст амоніаку у воді зростає ще більше. А за комбінування різних джерел, що сприяють зростанню вмісту амоніаку, як це відбувається впродовж багатьох років у водосховищах р. Тетерів, коли одночасно він утворюється з гниючої маси фітопланктону за умов уповільненого руху води та ще й постійно додається із стоками, виникає ситуація, яка вимагає негайного вирішення.

У зв'язку з цим, проведені нами дослідження дозволили виявити силу впливу амоніаку на формування токсичності вод поверхневих джерел водопостачання м. Житомира, визначену за показниками нетипової рухової активності самиць карася сріблястого (*C. auratus gibelio*) з використанням методу «time sampling», а також обґрунтувати на основі отриманих результатів небезпечність присутності у цих водах у межах ГДК амоніаку по відношенню до виду риб, що є стійким до дії токсикантів.

Так, показано, що особини, яких застосовували у тестуванні дослідних проб води, реагували на вміст амоніаку порушенням рухомості, у тому числі виявляли до дії даної речовини специфічні етологічні акти (спіралеподібні рухи та вистрибування з води). Для визначення токсичності дослідних вод за допомогою методу біотестування «time sampling» фіксували відносну кількість особин з проявами нетипової рухової активності, на основі тест-реакцій яких розраховували індекси токсичності.

Основні взаємозв'язки вмісту амоніаку у водах поверхневих джерел водопостачання м. Житомира з індексом токсичності цих вод, визначеним на самицях карася сріблястого, відображено у таблиці 1.

Дані таблиці вказують на наявність позитивної кореляції середнього (впродовж 2012–2013 рр.) та сильного (у 2014 р.) ступенів, що існує між концентрацією амоніаку у водах джерел водопостачання, та токсичністю цих вод, визначеною за тест-реакціями порушення рухомості самиць карася сріблястого. Починаючи з 2012-го і до кінця 2014 р. спостерігалось посилення кореляційного зв'язку між вказаними показниками, яке свідчить про суттєвий вплив амоніаку на формування токсичності вод.

Наявності амоніаку у обох водосховищах р. Тетерів сприяють також деякі фактори середовища. Основним з них є водневий показник (рН), значення якого перевищують 7 од.



**Таблиця 1. Кореляційні зв'язки між концентрацією амоніаку у водах поверхневих джерел водопостачання м. Житомира та індексом токсичності цих вод, визначеним на карасі сріблястому (n = 30)**

**Tab. 1. Correlation between the concentration of ammonia in waters of surface water sources in Zhytomyr and the toxicity index of these waters, determined on a silver carp (n = 30)**

Дослідні групи / Experimental groups	Період дослідження, роки / The period of research, years		
	2012	2013	2014
Коефіцієнти кореляції / Correlation coefficients (r)			
Д-1 (водосховище Денишівське / Denishivsky reservoir)	0,6105 ± 0,2505*	0,6245 ± 0,2470*	0,6773 ± 0,2327*
Д-2 (водозабір Відсічне / water intakes Vidsichne)	0,4165 ± 0,2875	0,4962 ± 0,2875	0,6685 ± 0,2352*
Коефіцієнти детермінації / Determination coefficients (R <sup>2</sup> )			
Д-1 (водосховище Денишівське / Denishivsky reservoir)	0,3727	0,3900	0,4587
Д-2 (водозабір Відсічне / water intakes Vidsichne)	0,1735	0,2462	0,4469

Примітка. Вірогідність кореляційного зв'язку: \* —  $p \leq 0,05$ .

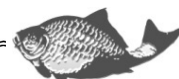
Notes. Probability of correlation connection: \* —  $p \leq 0,05$ .

Тобто, за таких умов у деякій мірі затримується перетворення амоніаку на амоній у ланцюзі нітрифікації, тому ця речовина своєчасно не піддається детоксикації. І хоча загалом перевищення ГДК амоніаку (2 мг/дм<sup>3</sup>) у водах водосховищ р. Тетерів у період 2012–2014 рр. не спостерігалось, за отриманими результатами досліджень переконливо доведено, що у певні періоди сезону з підвищенням концентрації амоніаку понад 0,55 мг/дм<sup>3</sup> дослідні особини, на відміну від контрольних, знаходились у дискомфортних умовах. Про це свідчить їхня поведінка та розраховані на її основі індекси токсичності, значення яких наближались до 50% або перевищували їх.

Наскільки сильним виявився вплив амоніаку на рівень токсичності вод джерел водопостачання м. Житомира вказують коефіцієнти детермінації (R<sup>2</sup>), визначені за кожен рік дослідного періоду (табл. 1) та загалом за три роки (рис. 1).

У водосховищі Денишівському частка амоніаку у загальній токсичності вод склала 37,27; 39,00 та 45,87% відповідно у 2012, 2013 та 2014 рр. і 38,50% впродовж трьох років. У водозаборі Відсічне цей показник був у 2012-му і 2013-му роках значно нижчим (17,35 і 24,62%) порівняно з водосховищем. Проте тенденція щодо посилення ролі амоніаку у формуванні токсичності вод і у цій водоймі чітко прослідковувалась у 2014-му р. (44,69%), а за три роки залежність токсичності води від амоніаку склала 27,17%.

Взаємозв'язки концентрації амоніаку у водах водосховищ р. Тетерів з



індексами токсичності цих вод описуються рівняннями прямолінійної регресії (рис. 1), що дозволяє прогнозувати коливання загальної токсичності вод, визначеної за тест-реакціями нетипової рухової активності самиць карася сріблястого, відносно змін у воді концентрації амоніаку. За наведеними рівняннями прямолінійної регресії визначено небезпечну межу концентрації амоніаку (0,58 мг/дм<sup>3</sup>), за якої досягається 50%-ва токсичність вод по відношенню до карася сріблястого.

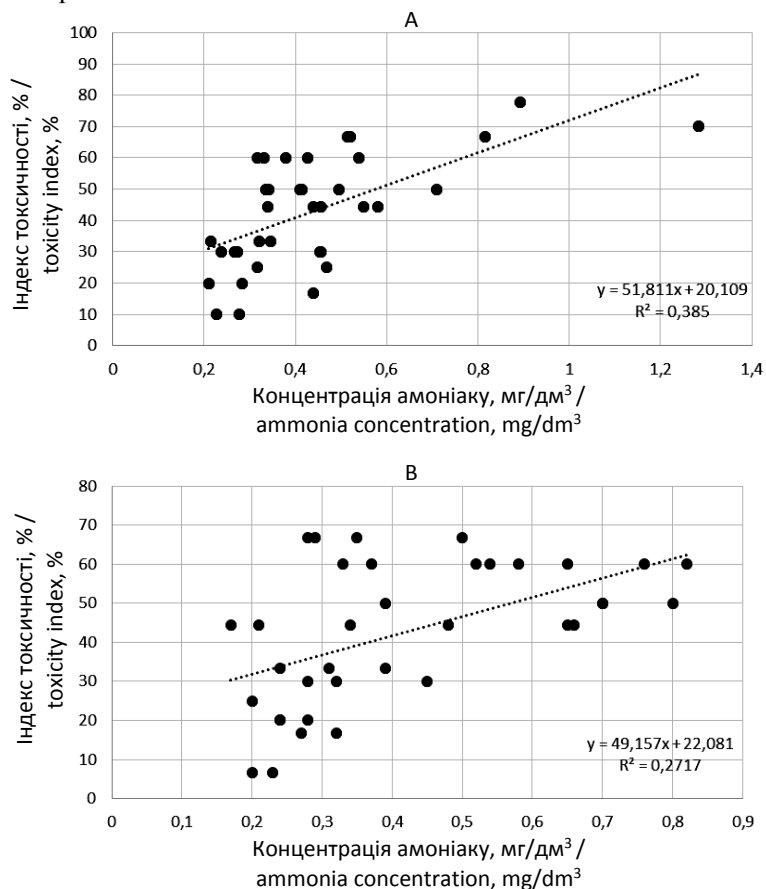


Рис. 1. Рівняння прямолінійної регресії між концентрацією амоніаку та токсичністю вод, визначеною на карасі сріблястому, у водосховищі Денишівському (А) та водозаборі Відсічне (В) р. Тетерів впродовж 2012–2014 рр.

Fig. 1. The equation of rectilinear regression between the ammonia concentration and the toxicity of water, determined on a silver carp, in the Denishivsky (A) reservoir and the water intakes of Vidsichne (B) river Teterev during 2012–2014.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

У проведених дослідженнях встановлено, що одним із важливих факторів впливу на формування токсичності вод поверхневих джерел водопостачання м. Житомира, визначеної на карасі сріблястому (*C. auratus gibelio*) методом «time



sampling» впродовж 2012–2014 рр., був амоніак, концентрація якого за цей період тим не менш жодного разу не перевищила гранично допустиму норму. Між зазначеними показниками у 2012 р. виявлено позитивний кореляційний зв'язок середнього ступеня, який мав тенденцію до посилення, і у 2014 р. набув найбільших значень (0,6773 — у водосховищі Денишівському та 0,6685 — у водозаборі Відсічне), власне досяг сильного ступеня, що вказує на суттєве підвищення сили впливу амоніаку на токсичність дослідних вод, основною причиною якого, наймовірніше його свіже надходженням у водосховища.

Побудовані за отриманими даними рівняння прямолінійної регресії дозволяють прогнозувати окремо для водосховища і водозабору загальну токсичність поверхневих вод за вмістом у них амоніаку. Відповідно до рівнянь, 50%-ий рівень токсичності водного середовища, який є небезпечним для карася сріблястого, стійкого до токсичних забруднень виду, досягається за концентрації у воді амоніаку 0,58 мг/дм<sup>3</sup>, що не відповідає нормативному показнику (2,00 мг/дм<sup>3</sup>). Отже, існуючі в Україні нормативи відносно ГДК амоніаку у водах поверхневих джерел водопостачання необхідно привести у відповідність до нормативної бази ЄС щодо врахування фізіологічних потреб риб та інших гідробіонтів, включаючи більш чутливі види, ніж карась сріблястий.

У подальшому доцільно провести моніторингові дослідження на водних організмах, які виявляють різну чутливість до дії амоніаку для визначення його безпечних рівнів в умовах водосховищ р. Тетерів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Запольський А. К., Шумигай І. В. Охорона питних вод від виснаження і забруднення // Агроекологічний журнал. 2015. № 3. С. 6—5.
2. Malik A., Grohmann E., Akhtar R. Environmental Deterioration and Human Health : Natural and anthropogenic determinants. Dordrecht ; Heidelberg ; London ; New York : Springer, 2014. P. 8—23.
3. ДСанПіН 2.2.4–171–10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ : МОЗ України, 2010. 50 с. (МОЗ України. Державні санітарні норми та правила).
4. Дудник С. В. Водна токсикологія : метод. посіб. Ч. 2 : Іхтіотоксикологія. Київ, 2014. 108 с.
5. Аристархова Е. О. Експрес-оцінка потенційної небезпеки води методом біотестування на *Daphnia magna* S. // Вісник аграрної науки. 2017. № 2. С. 50—54.
6. КНД 211.1.4.057-97. Методика визначення гострої летальної токсичності води на рибках *Poecilia reticulata* Peters. Київ, 1997. 21 с.
7. ISO 7346-1 : 1996. Water quality. Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish [*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (*Teleostei, Cyprinidae*)]. Part 1 : Static method. 11 p.
8. Szczerbinska N., Galczynska M. Biological methods used to assess surface water quality // Arch. Pol. Fish. 2015. Vol. 43. P. 185—196.
9. Стецюк Л. М. Використання методів біоіндикації та біотестування для оцінки стану водних екосистем // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2013. Вип. 2 (62). С. 175—181. (Сільськогосподарські науки).





10. Комплексна оцінка токсичності водних зразків за допомогою рослинних і тваринних тест-організмів / Осмалений М. С. та ін. // Фактори експериментальної еволюції організмів. 2015. Т. 16. С. 74—77.
11. River watch. Manual for public environmental monitoring. Saint Petersburg : Friends of the Baltics / Coalition Clean Baltics, 2015. 32 p.
12. Jakob U., Reichmann D. Oxidative Stress and Redox Regulation. Dordrecht ; Heidelberg ; London ; New York : Springer, 2013. P. 59—126.

#### REFERENCES

1. Zapolskyi, A. K., & Shumigay, I. V. (2015). Okhorona vod vid vysnazhennia i sabrudnennia. *Agroecologichnyi zhurnal*, 3, 6-15.
2. Malik, A., Grohmann, E., & Akhtar R. (2014). *Environmental Deterioration and Human Health: Natural and anthropogenic determinants*. Dordrecht; Heidelberg; London; New York: Springer, 8-23.
3. Higiyenichni vymogy do vody pytnoi, prysnachenoi dlya spozhyvannya ludynoju (2010). *DSanPiN 2.2.4-171-10*. Kyiv: Ministerstvo okhorony sdorovia Ukrainy.
4. Dudnik, S. V. (2014). *Vodna toksykologia : metod. posib.* (Part 2: Ichtiotoksykologia). Kyiv.
5. Arystarkhova, E. O. (2017). Ekspres-otsinka potentsiinoi nebespeky vody metodom biotestuvannia na *Daphnia magna* S. *Visnyk agrarnoi nauky*, 2, 50-54.
6. Metodyka vysnashennia gostroi letalnoi toksyshnosti vody na rybach *Poecilia reticulata* Peters. (1997). *KND 211.1.4.057-97*. Kyiv.
7. Water quality. Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish [*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (*Teleostei, Cyprinidae*)]. (1996). (Part 1: Static method). *ISO 7346-1:1996*.
8. Szczerbinska, N., & Galczynska, M. (2015). Biological methods used to assess surface water quality. *Arch. Pol. Fish.*, 43, 185-196.
9. Stetsiuk, L. M. (2013). Vykorystannia metodiv bioindyatsii ta biotestuvannia dla otsinky stanu vodnykh system. *Visnyk Nationalnogo universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*, 2 (62), 175-181.
10. Osmalenyi, M. S., Holovkov, A. M., Nanijeva, A. V., & Vergolas, M. R. (2015). Kompleksna otsinka toksyshnosti vodnykh srazkiv za dopomogou roslynnykh i tvarynykh test-orhanizmiv. *Fakty eksperymentalnoi evolutsii orhanizmiv*, 16, 74-77.
11. *River watch. Manual for public environmental monitoring* (2015). Saint Petersburg: Friends of the Baltics / Coalition Clean Baltics.
12. Jakob, U., & Reichmann, D. (2013). *Oxidative Stress and Redox Regulation*. Dordrecht; Heidelberg; London; New York: Springer, 59-126.

#### ВЛИЯНИЕ АММИАКА НА ФОРМИРОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ВОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕННОЙ НА *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* (BLOCH, 1782)

Э. А. Аристархова, ella.aryst@gmail.com, Институт агроэкологии и природопользования НААН, г. Киев

*Цель.* Выявление влияния аммиака в водах поверхностных источников водоснабжения г. Житомира на формирование токсичности этих вод, определенной по тест-реакциям



нетипичной двигательной активности карася серебрястого (*C. auratus gibelio*) с использованием метода «time sampling» в течение 2012–2014 гг.

**Методика.** Для биотестирования на КП «Житомирводоканал» во время исследований один раз в месяц отбирали водные пробы объемом 8 дм<sup>3</sup> на группу с водохранилищ р. Тетерев и водопроводной сети водоканала, которые переливали в аквариумы (10 дм<sup>3</sup>) и формировали контрольную и опытные группы по следующей схеме: контрольная группа — пробы отстаиванной (24 ч) водопроводной воды; опытная группа Д-1 — пробы воды из водохранилища Денишевского; опытная группа Д-2 — из водозабора Отсечное. Тест-объекты — самки карася серебрястого. Биотестирование проводили методом «time sampling» с экспозицией особей 12 часов ( $n = 30$ ). Индексы токсичности вод рассчитывали по следующим тест-реакциям: спиралевидные и векторные движения, выскакивание из воды, иммобилизация и гибель особей. Для статистической обработки результатов исследований использовали корреляционный и регрессионный анализ с помощью программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica-6.

**Результаты.** В исследованиях выявлено влияние аммиака на токсичность вод водохранилищ р. Тетерев, определенную по показателям нетипичной двигательной активности карася серебрястого (*C. auratus gibelio*) с использованием метода «time sampling», который заключается в мгновенной фиксации количества особей, отдающих предпочтение тому или иному акту поведения. Показано, что неадаптированные к действию аммиака самки карася серебрястого реагировали на его концентрацию в воде выше 0,55 мг/дм<sup>3</sup> нарушением двигательной активности. В отличие от рыб опытных групп, у особей контрольной группы были выявлены лишь отдельные нетипичные двигательные акты. Между содержанием аммиака в водах поверхностных источников водоснабжения и токсичностью этих вод в 2012 г. была определена положительная корреляционная связь средней степени, которая имела тенденцию к усилению, и в 2014 г. достигла высокой степени ( $r = 0,6773$  — в водохранилище Денишевском и  $r = 0,6685$  — в водозаборе Отсечное). Построенные по полученным данным уравнения прямой регрессии позволяют прогнозировать отдельно для водохранилища и водозабора токсичность поверхностных вод по концентрации в них аммиака.

**Научная новизна.** Впервые выявлена зависимость токсичности вод поверхностных источников водоснабжения г. Житомира, определенной методом «time sampling» с использованием тест-реакций нетипичной двигательной активности карася серебрястого, от содержания аммиака в этих водах. По приведенным уравнениям прямой регрессии рассчитана опасная граница концентрации аммиака (0,58 мг/дм<sup>3</sup>), после которой достигается 50%-ая токсичность вод по отношению к карасю серебрястому.

**Практическая значимость.** Результаты исследований используются для проведения биологического мониторинга токсичности вод водохранилищ р. Тетерев.

**Ключевые слова:** токсичность вод, *C. auratus gibelio*, аммиак, биотестирование, нетипичная двигательная активность, метод «time sampling».

