

УДК 504.453: 556.55 (477.63)

DOI: 10.15587/2519-8025.2018.129786

ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОЇ ДИНАМІКИ ВМІСТУ БІОГЕНІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ ВОДОЗАБОРУ ВІДСІЧНЕ р. ТЕТЕРІВ

© Е. О. Аристархова

Мета дослідження – виявлення особливостей сезонної динаміки вмісту біогенів у поверхневих водах водозабору Відсічне р. Тетерів у 2012–2014 роках та з'ясування їх кореляційних зв'язків з чисельністю планктонних водоростей.

Методи. У відібраних з водозабору пробах води (1 дм³) визначали вміст амоніаку, нітритів, нітратів та поліфосфатів фотометричними методами, для вивчення складу фітопланктону проводили гідробіологічний аналіз, статистичну обробку даних здійснювали за програмою MO Excel 2003.

Результати досліджень. Найбільший вміст у воді Нітроген оксидів спостерігався у весняні місяці внаслідок вимивання азотних добрив з ґрунту під час водопілля, поліфосфатів – взимку, коли вони не використовувались фітопланктоном. Зростання концентрації амоніаку впродовж року було обумовлено систематичним надходженням у водойму стоків з нітрогенвмісними сполуками, з яких він утворювався. Проведений кореляційний аналіз показав існування негативних зв'язків слабого та середнього ступенів між вмістом у воді окремих біогенів та чисельністю планктонних водоростей.

Висновки.

1. У дослідженнях визначено, що концентрації біогенів не перевищували ГДК_в, а їх сезонна динаміка була типовою для нітритів, нітратів, поліфосфатів і нетиповою – для амоніаку. Вміст цієї речовини у воді (у середньому 0,42 мг/дм³), що виявився більшим за природний (від 0,01 до 0,20 мг/дм³), та особливості його коливань, засвідчили посилення процесів амоніфікації.

2. Встановлено, що у 2012–2014 роках спостерігалось «цвітіння» води переважно за рахунок синьозелених водоростей (ціанобактерій), чисельність яких у порівнянні з 2003–2005 роками у середньому збільшилась майже у 12 разів. Одночасно були втрачені вірогідні кореляційні зв'язки цих водоростей з біогенами (за виключенням 2013 року, коли кореляція вмісту нітратів з чисельністю синьозелених дорівнювала –0,5780 і зелених –0,5458, а також вмісту нітритів з чисельністю синьозелених була на рівні –0,5743).

3. Виявлено посилення зв'язків вмісту у воді амоніаку з кількістю клітин зелених (–0,6577 у 2012 році) та діатомових (–0,5332 у 2013 році) водоростей, і навпаки, – суттєве послаблення зв'язків між вмістом поліфосфатів та представниками фітопланктону усіх відділів, зокрема відбулось зниження найбільших значень їх коефіцієнтів кореляції із синьозеленими (з –0,6662 до –0,3255) та зеленим (з –0,6118 до –0,3507) водоростями.

4. Основною причиною виникнення у водоймі зазначених порушень стало помірне систематичне забруднення води стоками на фоні кліматичних змін, що було підтверджено активізацією амоніфікації та уповільненням нітрифікаційних перетворень нітрогенвмісних біогенів, тобто наявністю процесів, які вказують на відсутність належної детоксикації амоніаку у водному середовищі. Для попередження забруднення водозабору необхідно запобігати надходженню у його води несанкціонованих стоків

Ключові слова: біогени, фітопланктон, сезонні коливання, антропогенна евтрофікація, «цвітіння» води, ступінь кореляції

1. Вступ

Надходження у водні екосистеми біогенів є однією із найважливіших проблем сьогодення, що вимагають негайного вирішення [1, 2]. Серед біогенних елементів у довкіллі переважають Нітроген і Фосфор, які потрапляють у водні об'єкти внаслідок вимивання з полів у складі добрив, разом із стоками тваринницьких ферм та селянських господарств, а також з промисловими і комунальними стічними водами тощо [3, 4].

Впродовж 50–80-х років водні екосистеми особливо страждали від підвищеного вмісту сполук Нітрогену, однак у 90-х роках першість відносно небезпеки забруднення біогенами перейшла до сполук Фосфору, які у великих кількостях досі входять до складу детергентів (миючих і чистячих засобів). Тому вже декілька десятиліть у світі існує тенденція щодо зменшення вмісту фосфатів у пральних порошках та

подібним до них засобам. Проте в Україні споживачам пропонується не більше 3 % безфосфатних з числа існуючих детергентів. До того ж у більшості з них замість фосфатів застосовуються амоніак або іони амонію, тобто нітрогенвмісні біогени, використання яких у недалекому майбутньому знов сприятиме підвищенню концентрації сполук Нітрогену у водних об'єктах [2, 3]. Тому ситуація з біогенними речовинами, що склалася у нашій країні, вказує на актуальність зазначеної проблеми та необхідність її негайного вирішення.

2. Літературний огляд

Як відомо з літературних джерел, надходження біогенів до водойм має декілька негативних аспектів. Так, перевищення ГДК_в Нітрогену та Фосфору у водному середовищі може призводити не тільки до отруєння і загибелі гідробіонтів [3, 4], але й негатив-

но впливати на стан здоров'я населення, яке тим чи іншим чином контактує із забрудненими біогенами природними водами або вживає питну воду відповідної якості [5, 6].

Крім проявів токсичної дії біогенних речовин за їх надмірної концентрації у воді, вони відомі також як джерела виникнення антропогенної евтрофікації, внаслідок якої відбувається активний ріст і розвиток угруповань планктонних водоростей. Навіть якщо збільшення за чисельністю клітин набувають цілком безпечні представники відділів водоростей (наприклад зелені чи діатомові), це може викликати біологічне забруднення водних об'єктів [7, 8]. Однак найчастіше екологічний стан водойм ускладнюється тим, що внаслідок евтрофування водного середовища активізуються переважно угруповання синьозелених водоростей (ціанобактерій), більшість з яких належать до отруйних видів, практично не поїдаються безхребетними і досить обмежено – рибами (лише білим і строкатим товстолобами, у шлунково-кишковому тракті яких перетравлюються на 30 %) та мають алелопатичну дію відносно інших угруповань фітопланктону [9]. Синьозелені водорості у результаті своєї життєдіяльності виділяють токсини (алкалоїди, низкомолекулярні пептиди та ін.), які, потрапляючи у водне середовище, становлять небезпеку для живих організмів. Токсини можуть викликати цироз печінки та дерматити в людей, отруєння і загибель тварин [8, 10].

Нині евтрофування водних об'єктів стало глобальною екологічною проблемою. У багатьох країнах світу проводиться обов'язковий моніторинг вод, у яких відбувається антропогенна евтрофікація та активізуються процеси «цвітіння». Особливо небезпечним є виникнення цих явищ у водоймах, призначених для водопостачання населення, оскільки токсини ціанобактерій затримуються фільтрувальними установками не у повній мірі і частина їх потрапляє у питну воду.

Основним чинником, що обмежує «цвітіння» синьозелених водоростей, вважається зменшення скидання біогенних речовин у водні екосистеми. Проте у деяких дослідженнях [7, 9], а також у проведених нами [8, 10], показано, що взаємовідносини між основними видами біогенів та розвитком угруповань планктонних водоростей є доволі неоднозначними і вимагають більш детального вивчення.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – виявлення особливостей сезонної динаміки вмісту біогенів у поверхневих водах водозабору Відсічне р. Тетерів у 2012–2014 роках та з'ясування їх кореляційних зв'язків з чисельністю планктонних водоростей.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Визначити особливості сезонних коливань концентрацій біогенних речовин (амоніаку, нітритів, нітратів та поліфосфатів) у воді водозабору Відсічне р. Тетерів продовж 2012–2014 років.

2. Вказати, які з угруповань планктонних водоростей були збудниками «цвітіння» води, проаналізувати зміни їх чисельності у зазначений термін

порівняно з 2003–2005 роками та з'ясувати можливі порушення зв'язків цих водоростей з біогенами.

3. Виявити основні тенденції щодо посилення та послаблення кореляційних зв'язків між біогенними речовинами та угрупованнями фітопланктону відповідно до результатів кореляційного аналізу, проведеного за аналогічними даними у 2003–2005 роках.

4. Пояснити причини виникнення антропогенного евтрофування водозабору певними видами біогенів понад їх природний вміст, внаслідок чого досить часто порушуються процеси детоксикації небезпечних речовин у водному середовищі і тоді може суттєво зростати рівень його забруднення.

4. Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [11, 12] на КП «Житомиводоканал». Відбір проб води (1 дм³) здійснювали з водозабору Відсічне р. Тетерів, що є джерелом водопостачання м. Житомира.

Вміст біогенів у воді визначали фотометричними методами [12]: амоніаку – із застосуванням реактиву Несслера [11, 12], нітритів – реактиву Грісса [11, 12], нітратів – фенолдисульфонової кислоти [11], поліфосфатів – із молібдатом у кислому середовищі з відновником аскорбіновою кислотою [11, 12].

Вивчення якісного та кількісного складу планктонних водоростей у водозаборі проводили шляхом гідробіологічного аналізу. Основний метод аналізу полягав у концентрації фітопланктону на мембранних фільтрах і підрахунку кількості водоростей в кл./дм³ з визначенням до виду у камері Нахотта [12].

Статистичну обробку даних проводили за допомогою стандартної комп'ютерної програми Microsoft Office Excel 2003 з використанням критерія вірогідності Стьюдента.

5. Результати досліджень та їх обговорення

Для планктонних водоростей сполуки Нітрогену та Фосфору являють собою основні компоненти води, за рахунок яких вони живляться. Водорості здатні накопичувати ці біогени у значній кількості. Найпоширенішою формою існування нітрогену у водних об'єктах є Нітроген оксиди та амоніак, а Фосфору – поліфосфати [11, 12].

Нітроген може суттєво впливати на біологічну продуктивність водних екосистем переважно у вигляді нітратів. Нітриту, що утворюються з амоніаку у водному середовищі, швидко детоксуються. В оптимальних концентраціях вони, нагромаджуючись у рослинах, сприяють їх активному продукуванню: фітопланктону, -бентосу, -перифітону та вищих водяних рослин. Дефіцит мінерального нітрогену призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу нижчих та вищих рослин, а його надлишок часто стає причиною забруднення водойм та виникнення антропогенної евтрофікації [8, 12].

На відміну від Нітроген оксидів, фосфати мають інший механізм накопичення у рослинних організмах. Так, планктонні водорості можуть акумулювати у клітинах таку кількість фосфатів, яка значно перевищує метаболічну потребу у сполуках

Фосфору. Запасання фосфат-іонів відбувається завдяки їх нагромадженню у вакуолях клітин або утворенні поліфосфатних гранул діаметром від 30 до 500 мкм. Вважається, що здатність до накопичення фосфатів є адаптивною реакцією фітопланктону на значні сезонні коливання їх концентрації у воді. За дефіциту у водному середовищі сполук Фосфору, вони переводяться у клітинах з депонованого стану у форму, доступну для використання планктонними водоростями. Тому за активного розвитку угруповань фітопланктону у період вегетації вміст фосфатів у воді суттєво знижується навесні і зростає лише восени [8, 12].

Вважається, що між здатністю водоростей до накопичення біогенних елементів і їх потенційними можливостями до масового розмноження існує тісний зв'язок [8]. Проте із значним збільшенням випадків неконтрольованих антропогенних забруднень на фоні зміни кліматичних умов у останнє десятиліття спостерігаються не тільки порушення сезонної динаміки концентрації біогенів в залежності від активізації розвитку угруповань фітопланктону, але й у деяких випадках взагалі руйнуються взаємозв'язки між ними. Саме цим можна пояснити, що у проведених нами дослідженнях, незважаючи на те, що концентрації біогенів у водозаборі Відсічне р. Тетерів не перевищували ГДК_в та різниця у коливанні середньорічних температур води у 2012–2014 рр. була незначною, чисельність клітин планктонних водоростей порівняно з попередніми роками (2003–2005 рр.) у водосховищах р. Тетерів суттєво збільшилась: діатомових та зелених – у 1,5 рази, а синьо-зелених – майже у 12 разів [8]. Це відобразилось на сезонних коливаннях вмісту біогенів, що відбувались дуже нерівномірно (рис. 1).

Концентрація амоніаку (у середньому 0,4183 мг/дм³) була більшою за природний рівень (від 0,01 до 0,20 мг/дм³) і залежала, скоріше за все, від його надходження у водозабір разом із стоками (або утворення безпосередньо з їх нітрогенвмісних компонентів), і мала декілька сезонних піків, які у певній мірі повторювались з року в рік за винятком 2012-го року, коли найбільший вміст амоніаку за період досліджень спостерігався у листопаді. Цьому можливо сприяв активний розвиток угруповань фітопланктону, що продовжували вегетацію до листопада-грудня місяця, після чого розпочалося розкладання водоростей з утворенням токсичних речовин, включаючи амоніак. Концентрація нітритів та нітратів як і завжди була найбільшою у весняні місяці, що співпадало із змиванням у поверхневі води внесених навесні у ґрунт добрив під час водопілля та дощів, влітку спостерігалися її найменші значення, а наприкінці осені концентрація цих сполук незначно підвищувалась. Найбільший вміст поліфосфатів

у водозаборі, як і в інших водоймах, відмічався взимку, коли розвиток угруповань фітопланктону був мінімальним.

Для визначення взаємозв'язків між концентрацією біогенів та кількістю клітин фітопланктону у водному середовищі водозабору було проведено кореляційний аналіз, що виявив негативні кореляційні зв'язки слабого та середнього ступенів (табл. 1).

У 2012-му році було визначено негативні кореляційні зв'язки середнього ступеня між концентрацією у воді амоніаку та чисельністю зелених водоростей ($r=-0,6577\pm 0,2382$) з вірогідністю $p\leq 0,05$ і кореляцію між концентрацією амоніаку та чисельністю діатомових водоростей ($r=-0,3597\pm 0,2997$), яка виявилася невірогідною. У 2013-му році крім невірогідних взаємозв'язків між вище зазначеними показниками ($r=-0,4269\pm 0,2860$ і $r=-0,5332\pm 0,2675$ відповідно) та між вмістом нітратів і кількістю клітин діатомових водоростей ($r=-0,4199\pm 0,2870$), було зафіксовано також вірогідні кореляції ($p\leq 0,05$) концентрації нітратів з чисельністю синьо-зелених ($r=-0,5780\pm 0,2581$) і зелених ($r=-0,5458\pm 0,2650$), а також концентрації нітритів з чисельністю синьо-зелених ($r=-0,5743\pm 0,2589$) водоростей. Виявлені у 2014-му році зв'язки амоніаку з діатомовими ($r=-0,3631\pm 0,2646$), нітратів з синьо-зеленими ($r=-0,4473\pm 0,2581$) та поліфосфатів з зеленими ($r=-0,3507\pm 0,2961$) водоростями так само мали середній ступінь кореляції, проте були невірогідними.

Тобто у водозаборі відбулась зміна пріоритетних взаємозв'язків порівняно з 2003–2005 роками, що існували між вмістом у воді окремих біогенів та чисельністю фітопланктону, які характеризувались кореляцією середнього та сильного ступенів (за виключенням амоніаку і діатомових водоростей) [8]. Найвищі коефіцієнти кореляції були у той період визначені між концентрацією нітратів та чисельністю зелених водоростей ($r=-0,8209\pm 0,1806$, $p\leq 0,01$), а також між концентрацією поліфосфатів і чисельністю зелених ($r=-0,6118\pm 0,2501$, $p\leq 0,05$) та синьо-зелених ($r=-0,6662\pm 0,2358$, $p\leq 0,05$) водоростей. На відміну від них у 2012–2014 роках посилювались зв'язки чисельності зелених та діатомових водоростей з вмістом амоніаку, а з поліфосфатами, навпаки, – послабились.

Отже, особливості сезонної динаміки сполук Нітрогену та Фосфору у водозаборі впродовж 2012–2014 років та виявлені порушення у взаємодії цих біогенів з планктонними водоростями, вказують на зниження ступеня кореляційних зв'язків між ними внаслідок зростання у воді вмісту амоніаку понад природний рівень (від 0,01 до 0,20 мг/дм³).

Подібні тенденції обумовлені помірним (у межах ГДК_в біогенів) систематичним забрудненням водойми стоками, які необхідно ліквідувати.

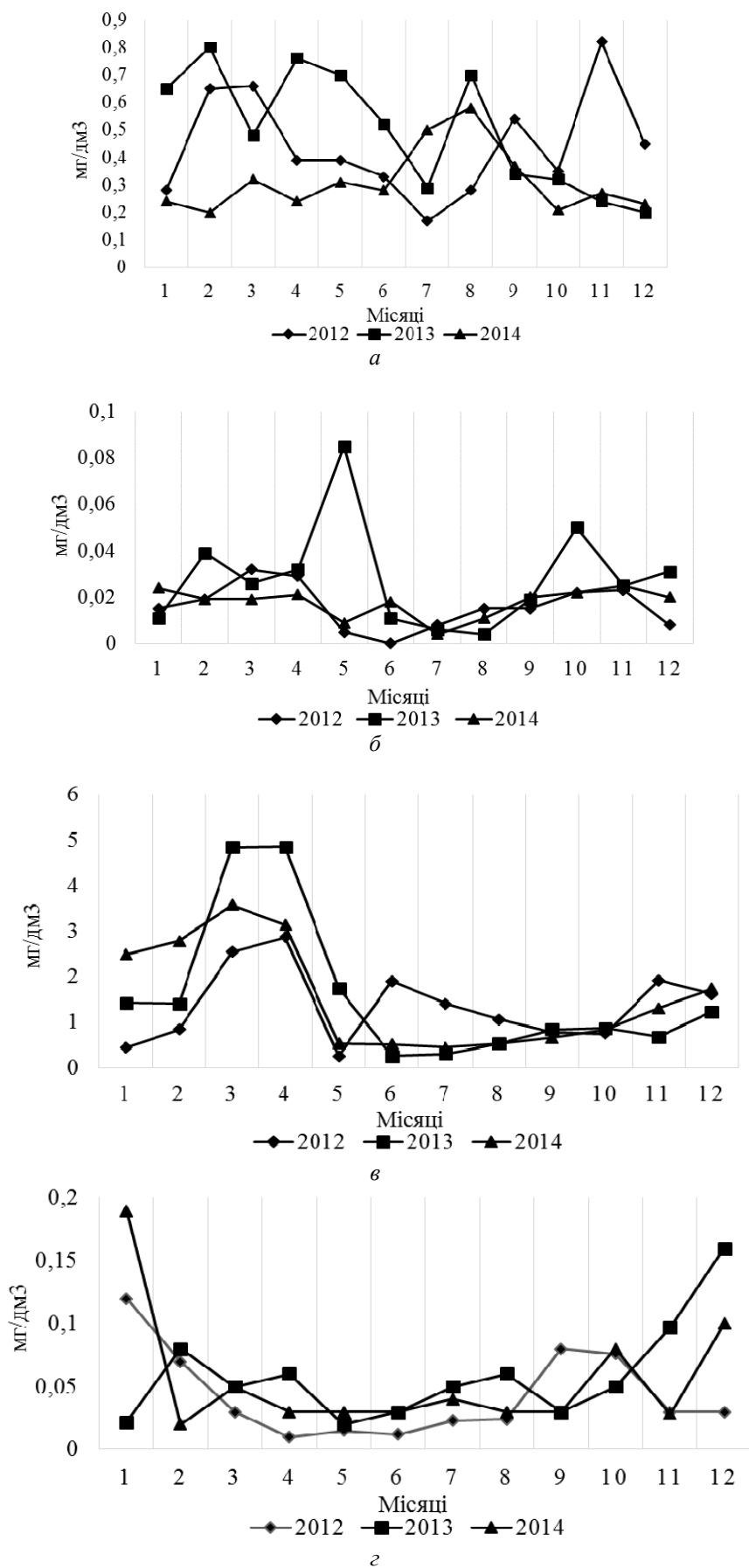


Рис. 1. Сезонна динаміка концентрації біогенів у водозабір Відсичне р. Тетерів впродовж 2012–2014 років: а – амоніаку; б – нітриту; в – нітратів; г – поліфосфатів

Таблиця 1

Кореляційні зв'язки між концентрацією біогенів та чисельністю планктонних водоростей, що переважали у воді водозабору Відсічне р. Тетерів у 2012-2014 роках

Чисельність фітопланктону, кл./дм ³	Концентрація біогенів, мг/дм ³			
	[NO ₂ ⁻]	[NO ₃ ⁻]	[PO ₄ ⁻]	[NH ₃]
2012				
діатомові	0,3195	0,1225	0,1797	-0,3597
зелені	-0,3244	0,1212	-0,1504	-0,6577
синьозелені	-0,2409	0,1174	0,1376	0,1143
2013				
діатомові	0,1032	-0,4199	-0,0292	-0,5332
зелені	-0,2495	-0,5458	-0,2062	-0,4269
синьозелені	-0,5743	-0,5780	-0,3255	-0,3274
2014				
діатомові	0,1419	-0,0400	-0,2520	-0,3631
зелені	0,1735	-0,3163	-0,3507	0,0054
синьозелені	0,1259	-0,4473	-0,0101	0,3098

6. Висновки

1. У дослідженнях визначено, що концентрації біогенів не перевищували ГДК_в, а їх сезонна динаміка була типовою для нітритів, нітратів, поліфосфатів і нетиповою – для амоніаку. Вміст цієї речовини у воді (у середньому 0,42 мг/дм³), що виявився більшим за природний (від 0,01 до 0,20 мг/дм³), та особливості його коливань, засвідчили посилення процесів амоніфікації.

2. Встановлено, що у 2012–2014 роках спостерігалось «цвітіння» води переважно за рахунок синьозелених водоростей (ціанобактерій), чисельність яких у порівнянні з 2003–2005 роками у середньому збільшилась майже у 12 разів. Одночасно були втрачені вірогідні кореляційні зв'язки цих водоростей з біогенами (за виключенням 2013 року, коли кореляція вмісту нітратів з чисельністю синьозелених дорівнювала -0,5780 і зелених -0,5458, а також вмісту нітритів з чисельністю синьозелених була на рівні -0,5743).

3. Виявлено посилення зв'язків вмісту у воді амоніаку з кількістю клітин зелених (-0,6577 у 2012 році) та діатомових водоростей (-0,5332 у 2013 році), і навпаки, – суттєве послаблення зв'язків між вмістом поліфосфатів та представниками фітопланктону усіх відділів, зокрема відбулось зниження найбільших значень їх коефіцієнтів кореляції із синьозеленими (з -0,6662 до -0,3255) та із зеленим (з -0,6118 до -0,3507) водоростями.

4. Основною причиною виникнення у водоймі зазначених порушень стало помірне систематичне забруднення води стоками на фоні кліматичних змін, що було підтверджено активізацією амоніфікації та уповільненням нітрифікаційних перетворень нітрогеновмісних біогенів, тобто наявністю процесів, які вказують на відсутність належної детоксикації амоніаку у водному середовищі. Для попередження забруднення водозабору необхідно запобігати надходженню у його води несанкціонованих стоків.

Література

- Грюк І., Суходольська І. Вміст сполук нітрогену у воді малих річок як показник рівня антропогенного навантаження територій // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2012. № 60. С. 227–238.
- River watch. Manual for public environmental monitoring. Saint Petersburg: Friends of the Baltics. Coalition Clean Baltics, 2015. 32 p.
- Environmental Deterioration and Human Health: Natural and anthropogenic determinants / ed. by Malik A., Grohmann E., Akhtar R. Dordrecht: Springer, 2014. P. 8–16. doi: 10.1007/978-94-007-7890-0
- Запольський А. К., Шумиґай І. В. Охорона питних вод від виснаження і забруднення // Агроекологічний журнал. 2015. № 3. С. 6–15.
- Дудник С. В. Водна токсикологія. Ч. 2. Іхтіотоксикологія: метод. посіб. Київ, 2014. 108 с.
- Сезонна динаміка вмісту нітратів у поверхневих і ґрунтових водах / Канівець С. В. та ін. // Агроекологічний журнал. 2015. № 3. С. 33–38.
- Bergkemper V., Weisse T. Phytoplankton response to the summer 2015 heat wave – a case study from prealpine Lake Mondsee, Austria // Inland Waters. 2017. Vol. 7, Issue 1. P. 88–99. doi: 10.1080/20442041.2017.1294352
- Дослідження впливу біогенів на особливості розвитку евтрофних процесів у водосховищі Дениші / Аристархова Е. О. та ін. // Вісник ЖДТУ. 2006. № 3 (38). С. 130–133.
- Toxins of cyanobacteria / Van Apeldoorn M. E. et al. // Molecular Nutrition & Food Research. 2007. Vol. 51, Issue 1. P. 7–60. doi: 10.1002/mnfr.200600185

10. Пількевич І. А., Аристархова Е. О. Математичне моделювання сезонних змін розвитку фітопланктону у водозаборі Відсічне річки Тетерів // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. Т. 3, № 4 (63). С. 36–39. URL: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/14761>

11. Унифицированные методы анализа вод / ред. Лурье Ю. Ю. Москва: Издательство Химия, 1973. 376 с.

12. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології: теорія та практикум: навч. пос. Київ: Лібра, 2006. 368 с.

Рекомендовано до публікації д-р біол. наук Житова О. П.

Дата надходження рукопису 22.03.2018

Аристархова Елла Олександрівна, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра екологічної безпеки та економіки природокористування, Житомирський національний агроекологічний університет, бул. Старий, 7, м. Житомир, Україна 10008
E-mail: ella.aryst@gmail.com