

кокрыльях – комплекса пещер Подольського карстового регіону, природоохранный и защитный роль территории заказника возрастает. Территория исследования располагается в пределах экосистемы смешанных широколиственных лесов, относится к дубово-грабово-ясеневых лесов которые растут на эвтрофных и мезотрофных почвах и относятся к местообитаний 2 уровня, согласно классификации Европейской системы биотопов. Близкое расположение важных зимних местообитаний летучих мышей является залогом присутствия летучих мышей в окружающих лесных массивах в летний период. Зимние учеты проведены в текущем сезоне в пещерах Угрынь и Млынки позволили выявить 41 особь 5 видов летучих мышей. В ходе летних детекторных учетов выявлено 107 особей 5 видов летучих мышей: *Myotis nattereri* (Kuhl, 1817) *Myotis mystacinus* и *Myotis brandtii* – группа «усатые ночницы»; *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758); *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) *Pipistrellus* (Schreber, 1774).

Ключевые слова: Дача Галилея, Подолье, летучие мыши, мониторинг, экологическая сеть.

Отримано: 11.10.2018

УДК 574.5

DOI: 10.32626/2519-8955.2018-3.81-88

Т. О. Єльнікова, к.т.н., доцент,
Ю. О. Шавурський, к.т.н., доцент,
В. М. Очич, старший викладач
e-mail: kpn_shto@gmail.com

Житомирський державний технологічний університет
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна

ЕКОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Досліджено динаміку евтрофних процесів у водозаборі «Відсічне» річки Тетерів Житомирської області. Розглянуто фактори, які обумовлюють розвиток водоростей та забруднення водного середовища. Розглянуто і проаналізовано наслідки, які спричинені процесами евтрофікації. Проаналізовано гідрохімічні показники води у водозаборі та у резервуарах чистої води КП «Житомирводоканал». Визначено фактори, які впливають на додавання хлору при водопідготовці та утворення хлороформу у питній воді. Побудовано та проаналізовано залежності кількості хлороформу від хімічних речовин, що подаються при хлоруванні. За результатами досліджень встановлено залежності між концентрацією хлороформу у питній воді та інтенсивністю розвитку водоростей різних відділів. Визначено особливості коливань вмісту хлороформу у питній воді залежно від динаміки розвитку різних відділів планктонних водоростей у водозаборі «Відсічне» річки Тетерів протягом 2015-2017 рр. Досліджено, що найбільша концентрація хлороформу у воді, що подається населенню, співпала з деструкцією зелених та діатомових водоростей і початком масового розмноження синьо-зелених водоростей у водозаборі.

Ключові слова: фітопланктон, хлороформ, питна вода, водозабір.

Постановка проблеми. У зв'язку із зростаючим забрудненням поверхневих вод більш складним стає завдання отримання високоякісної питної води. За останні роки у поверхневих водах

річок відмічається перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) по нафтопродуктах, фенолах, легкоокислюваних органічних речовин. Традиційні технології підготовки питної води з використанням в якості дезінфектантів хлору та хлорвмісних реагентів призводять до її вторинного забруднення. Галоген органічні сполуки – одні з найпоширеніших вторинних забруднювачів, основна частка серед яких припадає на хлороформ. Для нього характерна негативна біологічна дія на організм людини, зокрема на функції нервової системи, нирок, сечового міхура. Встановлено, що хлороформ має канцерогенні властивості (2% від загальної кількості захворювань на рак печінки, нирок, сечового міхура віднесено за рахунок вмісту хлороформу в питній воді). Тому очищення питної води від хлороформу є важливим та актуальним [1-4].

Аналіз досліджень та публікацій за темою. Питання якості питної води та вплив на неї евтрофних процесів висвітлено у працях багатьох видань [1, 4, 8 та ін.]. Дослідження наслідків і побічних продуктів хлорування питної води проводилися починаючи з 70-х років ХХ століття [4, 7-9]. Багаточисельними дослідженнями встановлено, що з більш ніж 200 хлорорганічних з'єднань, що утворюються при використанні хлору і хлорвмісних реагентів на стадії знезараження питної води, основними і найбільш небезпечними є хлорорганічні з'єднання (АХС), у тому числі тригалометани (ТГМ). В 1974 р. Рук (J.J. Rook) першим припустив, що наявність ХОС у питній воді пов'язане із присутністю природних органічних сполук – гумінових і фульвових кислот. Хлороформ й інші ХОС були виявлені при хлоруванні водного екстракту торфу, що підтвердило висунуту Руком гіпотезу [8]. В результаті дослідження вченими Британії (інститут Бірмінгема) та Фінляндії методом «випадок – контроль», що були опубліковані на початку 1980-х рр., виявилось, що високий рівень побічних продуктів хлорування збільшує ризик (від 50 до 100%) появи трьох вроджених вад – дефекту міжшлуночкової перегородки серця, вовчої пащі, а також може призводити до аненцефалії [7]. З середини 90-х років в досіадах американських вчених, проведених на мишах, хлороформ при введенні в шлунок викликав як доброякісні, так і злоякісні пухлини печінки, нирок та щитоподібної залози. Чотирихлористий вуглець за різних способів введення мишам та щурам викликав у них пухлини печінки, а при підшкірному введенні – пухлини молочної залози. Серйозну небезпеку для здоров'я людей становлять броморганічні сполуки, які є надзвичайно токсичними і мають виражені кумулятивні властивості. Деякі з них відносяться до 2- го класу небезпеки, зокрема бромформ, дибромхлорметан, які виявляють гепатотоксичну дію, а дихлорбромметан, етиленбромід та ін. відносяться до речовин 1-го класу небезпеки, що мають канцерогенний вплив [4].

У науковій статті [3] встановлено, що хлорована вода знижує еластичність кровоносних судин людини, що у свою чергу спричиняє порушення роботи серцево-судинної системи, викликає атеросклероз, захворювання серця. Також багато науковців стверджує про ризик онкологічних захворювань у людей і тварин, які вживають хлоровану воду, істотно зростає [1, 2, 4].

Характерною особливістю водойм є «цвітіння» води у період з травня по вересень, що сприяє підвищенню вмісту фіто- та зоопланктону, які ускладнюють процеси водоочистки. У зв'язку з цим погіршуються органолептичні показники якості питної води. Так «цвітіння» води внаслідок масового розвитку фітопланктону у результаті надходження у воду біогенних речовин призводить до збільшення показників мутності. Надлишкове накопичення біогенів, що є основною причиною евтрофікації, у першу чергу пов'язано з надходженням їх із водозбірної площі, із комунальними стоками, атмосферним пилом, при рекреаційному використанні водойм. Поверхневі водні об'єкти, що «цвітуть» мають здатність до утворення високотоксичних хлороорганічних з'єднань при незаражуванні хлорвмісними з'єднаннями у процесі водопідготовки [4-5].

Тому постає необхідність у проведенні постійного контролю за основними циклами розмноження планктонних водоростей у водоймах господарсько-побутового призначення та вживати заходів щодо профілактики «цвітіння» води та нормалізації вмісту хлороформу.

Методи дослідження. Дослідження проводилися студентами та викладачами Житомирського державного університету та за участю співробітників КП «Житомирводоканалу». Визначення якості та кількісного складу водоростей у водозабірних «Відсічне» проводили шляхом гідробіологічного аналізу. Основний метод аналізу полягав у концентрації фітопланктону на мембранних фільтрах і подальшому підрахунку кількості водоростей в кл./см³ з визначенням (до роду) у камері Нажотта. Дослідження були проведені з січня по грудень 2015-2017 років (двічі на місяць).

Основні результати та їх аналіз. У результаті проведених досліджень було встановлено, що фітопланктон водозабору «Відсічне» представлений діатомовими, зеленими, синьозеленими, евгленофітовими, золотистими та динофітовими водоростями. У воозабірні загалом за три роки переважали такі водорості: синьозелені (98,3%), зелені (0,68%) та діатомові (0,86%). Евгленофітові, золотисті та динофітові зустрічались у невеликих кількостях і найбільше їх було виявлено у теплий період року, коли температура води в середньому піднімається вище 15°C, а саме: евгленофітові – червень-жовтень, динофітові – червень-серпень, золотисті – серпень. Тому вирішального значення щодо впливу на показники, які характеризують токсичність водного середовища, вони не мали.

Протягом 2015-2017 років прослідковувались характерні відмінності у інтенсивності розмноження окремих фітопланктонних форм. Синьозелені водорості (ціанобактерії) зустрічались в усі пори року. У відсотковому співвідношенні вони зустрічались у найбільшій кількості – 98,3%. Водорості даного відділу почали заселення водозабір у серпні та продовжували існувати до грудня місяця. Протягом всього цього терміну вони існували у досить великій кількості. Найбільш масового розмноження набули види *Aphanizomenon*, *Phormidium*, *Anabaena*, *Microcystis*, *Cylindrospermum*, приймаючи максимальне значення у вересні (1581275,00 кл./см³).

Зелені водорості почали заселення водосховища у середині червня та початку вересня. Масового розмноження отримали види *Tetrastrum*, *Scenedesmus* та *Chlamydomona*. Діатомові водорості зустрічались в усі пори року і мали два періоди розмноження. Перший період – квітень (1773 кл./см³ – *Nitzschia*), другий – вересні (1542 кл./см³) із переважанням видів *Stephanodiscus*; *Melosira*; *Nitzschia*.

Діатомові водорості зустрічались в усі пори року і двічі досягали пікових значень: у квітні та жовтні. Періоди їх інтенсивного розвитку як правило співпадали із зниженням або перепадами температури. Однак не всі роди цього відділу водоростей мали масове розмноження. Серед тих, що сприяли цвітінню води слід виділити *Stephanodiscus*, розвиток якого дещо відрізнявся від інших діатомових. Так, якщо перший період масового розмноження водоростей співпадав з більшістю діатомових і спостерігався також в кінці вересня (14900 кл./см³), другий – вже приходився на початок березня (27000 кл./см³). Крім водоростей роду *Stephanodiscus* інтенсивного розвитку досягли: *Melosira* та *Nitzschia*. Досліджено також, що у період інтенсивного розвитку синьозелених водоростей діатомові «витіснялись» ними, не зважаючи на зниження температури.

Встановлено, що максимальне значення фітопланктону у водозаборі «Відсічне» припадає на вересень місяць та складає 616126 тис.кл./дм³. Після очистки води середня кількість фітопланктону складає 12780 тис.кл./дм³.

В останні роки синьо-зелені водорості розвиваються значно інтенсивніше, ніж зелені та діатомові. Безумовно, такий розвиток синьо-зелених водоростей є проблемою для водойм і для процесу очищення води. Тому доцільно шукати шляхи її вирішення. Масовий розвиток цих водоростей сприяє утворенню на поверхні водойм слизоподібних плівок, при злитті яких утворюються «плями цвітіння». Внаслідок цього збільшується каламутність у водозаборі та інші чинники, які вказують на забрудненість.

Концентрація розчиненого кисню (РК), навпаки, зменшується, і при цьому настає загроза для життя гідробіонтів. Показники каламутності та РК мають вирішальне значення для проведення водопідготовки. Саме у відповідності з ними визначається необхідний ступінь очищення води на основі хлорування. Тобто від каламутності та РК залежить, як дози хлору будуть введені до складу води після першого етапу її фільтрації і яка кількість хлороорганічних сполук залишиться у питній воді.

Дози хлору, що додаються під час водопідготовки, суттєво впливають на утворення особливо небезпечної серед хлороорганічних сполук – канцерогену хлороформу. Найбільша кількість хлору була введена до складу води у середині липня. На зазначений період припадає максимальне зниження концентрації РК та зменшення каламутності води. Цей період відповідає і максимальному значенню хлороформу, яке було виявлено протягом року. Тому для визначення кількості хлору, необхідного для очищення та знезараження води, достатньо визначити особливості зміни кисневого режиму водойм. У відповідності з ним і доцільно вводити відповідні дози хлору. Показник каламут-

ності при цьому можна не брати до уваги. Оскільки на нього впливає більша кількість різноманітних факторів (в тому числі суттєво – абіотичні), він менше, ніж на РК, пов'язаний з забрудненням водного середовища, обумовленим життєдіяльністю водоростей.

Як відомо, масовий розвиток фітопланктону сприяє утворенню на поверхні водойм слизеподібних плівок, при заїтті яких утворюються так звані “плями цвітіння”. Ці плями являють собою досить складні утворення (альго-бактеріальні), у яких відбуваються деструкційні процеси розкладання біомаси. В них зосереджена і основна біомаса патогенної мікрофлори водойм. В зв'язку з цим, визначення основних закономірностей протікання евтрофних процесів у водоймах господарсько-побутового призначення є достатнім для того, щоб мати уяву і про мікробіологічне забруднення цих водойм та вживати необхідні заходи щодо знищення під час водопідготовки небезпечних мікроорганізмів. Отже, введення хлору дозволяє одночасно з очищенням води проводити її знезараження. При цьому у воді утворюється хлороформ, який має хоча і віддалені, однак не менш небезпечні наслідки.

За результатами досліджень встановлені залежності між концентрацією хлороформу у питній воді та інтенсивністю розвитку діатомових, синьозелених та зелених водоростей у водозаборі Відсічне. Найбільша концентрація хлороформу у воді, що подається населенню, співпала з деструкцією зелених та діатомових водоростей і початком масового розмноження синьозелених у водозаборі (в середині липня). В інші періоди вміст хлороформу був значно менший: найнижчий у період з січня до червня, і вдвічі більший – з червня і до початку липня.

Найбільший вплив на утворення хлороформу в питній воді, за результатами досліджень, спричинило інтенсивне розмноження синьозелених водоростей. Максимальне значення концентрації хлороформу за рік виявилось у той період, коли спостерігалася найбільша їхня кількість. Таким чином, аналіз результатів проведених досліджень виявив ряд особливостей планктонних водоростей, зокрема дав можливість визначити їхню роль у забрудненні вод поверхневих джерел водопостачання та в утворенні хлороформу в питній воді. Евтрофікація та «цвітіння» вод у водозаборі позначалися суттєвому зниженні в них концентрації РК та збільшенні каламутності, що потребувало введення великих доз хлору та гіпохлориту натрію для очищення й знезараження питної води. Найбільша концентрація хлороформу у воді, що подається населенню, збігалася з деструкцією зелених та діатомових водоростей і початком масового розмноження синьозелених (у середині серпня).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Серед фітопланктону водозабору «Відсічне» переважали синьозелені (98,3%), діатомові (0,86%) та зелені (0,68%). Протягом року відбувались зміни в інтенсивності розмноження окремих фітопланктонних форм, які характеризувались активним розвитком діатомових у весняні та осінні місяці, синьозелених – влітку та восени і зелених – з кінця квітня до середини грудня.

Розвиток евтрофікації у водозаборі сприяв зниженню концентрації РК у воді. Особливо чітко ця залежність простежувалась в динаміці евтрофнит процесів, пов'язаних з розмноженням діатомових та зелених водоростей. Максимальні збільшення їх кількості відповідали різкому зниженню концентрації РК у воді.

У відношенні синьозелених простежувалась досить чітка залежність щодо РК, але її характер був іншим: найнижче значення показника РК відповідало не піковому розвитку цих водоростей, а лише початку їх масового розмноження у середині серпня. Одночасно з цим дещо пригнічувався розвиток діатомових та зелених водоростей, які в цей час також вегетували.

Показник каламутності залежав від евтрофування значно менше, ніж РК. Найбільший рівень каламутності (10,6 мг/дм) протягом року припадав на вересень місяць.

Підвищення основних гідрохімічних показників припадало на середину липня. В цей період в порівняно з попереднім підвищились концентрації загального заліза, вільної вуглекислоти, сполук марганцю, цинку та свинцю. Зростання концентрації цих речовин у воді скоріше за все пов'язано з утворенням значної біомаси діатомових та зелених водоростей і їх деструкцією, оскільки синьозелені в цей час тільки починали нарощувати свою біомасу.

Деструкція синьозелених, що розпочалась у середині вересня і тривала до листопада, супроводжувалась підвищенням концентрації сульфатів, хлоридів, важких металів (зокрема сполук стронцію). Вона також співпала із завершенням другого етапу деструкції діатомових та зелених водоростей. Вказані особливості обумовили зростання загальної жорсткості (переважно за рахунок магнію) та каламутності води.

Найбільша концентрація хлороформу у воді, що подається населенню, співпала з деструкцією зелених та діатомових водоростей і початком масового розмноження синьозелених у водозаборі (в середині липня). В інші періоди вміст хлороформу був значно менший: найнижчий у період з січня до червня, і вдвічі більший – з червня і до початку липня.

Для покращення якості питної води доцільно зменшити концентрацію в ній хлороформу. З цією метою слід застосувати сорбційні методи, які зарекомендували себе найкраще серед методів вилучення хлорорганічних сполук з водних розчинів.

Для очищення води від хлороформу ефективно використовувати як сорбенти вугілля марок КАУ та СКД-515. Беручи за основу результати моделювання, оптимальними можна вважати наступні параметри фільтруючого шару та режим сорбції: довжина шару $L = 3$ м, швидкість потоку $u = 2,5$ м/год.

Список використаних джерел:

1. Стискал О.А. Вплив хлорорганічних сполук у питній воді на злоякісні новоутворення (на прикладі Вінницької області) / О.А. Стискал, В.Г. Петрук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – №2. – С. 16-21.
2. Зоріна О.В. Вплив технологічних чинників водопідготовки на якість питної води щодо вмісту хлороформу / О.В. Зоріна // Довкілля та здоров'я. – 2003. – №4 (27). – С. 65-68.

3. Мокиенко А.В. Питьевая вода и водно-обусловленные инфекции. Водоразводящая сеть и заболеваемость населения / А.В. Мокиенко, Н.Ф. Петренко // Вода и водоочистні технології: Науково-практичний журнал. – 2008. – №1 (25). – С. 32-36.
4. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии : учебн. для студентов высших учебных заведений / В.Д. Романенко. – К. : Генеза, 2004. – 664 с.
5. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем / за ред. В.І. Назаренка. – К., 2002. – 51 с.
6. Стискал О.А. Аналіз чинників екологічної небезпеки хлорованої питної води / О.А. Стискал, В.Г. Петрук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – №5. – С. 69-75.
7. Шушковська С.В. Хлороорганічні сполуки у питній воді та їх вплив на здоров'я населення / С.В. Шушковська // Гігієна населених місць. – 2011. – №58. – С. 88-103.
8. Крамаренко Л.В. Конспект лекцій з дисципліни «Спецкурс з очистки природних вод» / Л.В. Крамаренко. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 122 с.

References:

1. Styskal O.A. Vplyv khlrorhanichnykh spolk u pytnii vodi na zloiakisni novoutvorennia (na prykladi Vinnytskoi oblasti) / O.A. Styskal // Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. – Vinnytsia, 2015. – P. 16-21. (in Ukrainian).
2. Zorina O.V. Vplyv tekhnolohichnykh chynnykiv vodopidhotovky na yakist pytnoi vody shchodo vmistu / O.V. Zorina. – 2003. – P. 65-68. (in Ukrainian).
3. Mokyenko, A.V. Pytevaia voda y vodno-obuslovlennne ynfektsyy, Vodrazvodiashchaia set y zabolevaemost / A.V. Mokyenko // Voda i vodoochysni tekhnolohii: Naukovo-praktychnyi zhurnal. – 2008. – P. 32-36. (in Ukrainian).
4. Romanenko V.D. Osnovy hydroekolohy: Uchebn. dlia studentov visshykh uchebnykh zavedenyi / V.D. Romanenko. – Kiev, 2004. (in Ukrainian)
5. Nazarenka V.I. Metodychni osnovy hidrobiolohichnykh doslidzhen vodnykh ekosystem / V.I. Nazarenka. – Kiev, 2002. (in Ukrainian).
6. Styskal, O.A. Analiz chynnykiv ekolohichnyi nebezpeky khlrovanoi pytnoi vody / O.A. Styskal // Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. – 2014. – P. 69-75. (in Ukrainian).
7. Shushkovska S.V. Khlrorhanichni spoluky u pytnii vodi ta yikh vplyv na zdorovia naselennia / S.V. Shushkovska // Hihiiena naselenykh mists. – 2011. – P. 88-103. (in Ukrainian).
8. Kramarenko L.V. Konspekt lektsii z dystsypliny «Spetskurs z ochystky pryrodnykh vod» / L.V. Kramarenko. – Kharkiv, 2010. (in Ukrainian).

T. O. Yelnikova, Ph. D., Associate Professor

Yu. O. Shavurovsky, Associate Professor

V. M. Ochich, Senior Lecturer

e-mail: kpn_shto@gmail.com

Zhytomyr State Technological University

Chudnovska street, 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine

ECOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL STUDY OF DRINKING WATER QUALITY

Purpose. The dynamics of eutrophic processes in the «Vidsichne» water intake of the Teteriv River in the Zhytomyr region is investigated.

Methodology. The factors that determine the development of algae and pollution of the water environment are researched. The implications of eutrophication processes are researched and analyzed. The hydrochemical parameters of water in the water intake and in reservoirs of clean water

of KP «ZhytomyrVodokanal» are analyzed. The factors influencing the addition of chlorine during water preparation and the formation of chloroform in drinking water are determined. The dependence of the amount of chloroform on the chemical substances supplied during chlorination has been constructed and analyzed. **Results.** According to the results of the research, the dependence between the concentration of chloroform in drinking water and the intensity of development of algae of different departments was established. The peculiarities of fluctuations in the content of chloroform in drinking water, depending on the dynamics of development of different parts of plankton algae in the «Vidsichne» water intake of the Teteriv River during 2015-2017, were determined. The largest concentration of chloroform in the water supplied to customers coincided with the destruction of green and diatom algae and the beginning of mass reproduction of blue-green algae in the water intake.

Key words: phytoplankton, chloroform, drinking water, water intake.

Т. А. Ельникова, к.т.н., доцент,

Ю. А. Шавурский, доцент,

В. М. Очич, старший преподаватель

e-mail: kpn_shto@gmail.com

Житомирский государственный технологический университет
ул. Чудновская, 103, г. Житомир, 10005, Украина

ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Исследована динамика эвтрофикационных процессов в водозаборе «Отсечное» реки Тетерев Житомирской области. Рассмотрены факторы, которые обуславливают развитие водорослей и загрязнения водной среды. Рассмотрены и проанализированы последствия, вызванные процессами эвтрофикации. Проанализированы гидрохимические показатели воды в водозаборе и в резервуарах чистой воды КП «Житомирводоканал». Определены факторы, которые влияют на добавление хлора при водоподготовке и образования хлороформа в питьевой воде. По результатам исследований установлены зависимости между концентрацией хлороформа в питьевой воде и интенсивностью развития водорослей разных отделов. Определены особенности колебаний содержания хлороформа в питьевой воде в зависимости от динамики развития различных отделов планктонных водорослей в водозаборе «Отсечное» реки Тетерев в течение 2015-2017 гг. Доказано, что наибольшая концентрация хлороформа в воде, подаваемой населению, совпала с деструкцией зеленых и диатомовых водорослей и началом массового размножения синезеленых водорослей в водозаборе.

Ключевые слова: фитопланктон, хлороформ, питьевая вода, водозабор.

Отримано: 17.10.2018