

УДК: 574.5:577

## ВПЛИВ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК СИНЬОЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ НА ГІДРОБІОНТИ ТА ТЕПЛОКРОВНІ ОРГАНІЗМИ

Л.П. Новосельська

*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, вул.  
Урицького 35, 03035, Київ, etaa@bk.ru*

Зарегулювання стоків річок і евтрофікація прісних вод, як наслідок господарчої діяльності людини, сприяє створенню у внутрішніх водоймах умов для інтенсивної вегетації окремих видів синьозелених водоростей («цвітіння» води). При створенні водосховищ та зарегулюванні стоків річок, по-перше, гальмується і зупиняється течія води, що призводить до акумуляції значної кількості біогенних і органічних речовин. По-друге, в зоні підтопу утворюється велика площа затоплення, дно якого слугує допоміжним фактором збагачення води біогенними і органічними речовинами за рахунок розкладу затопленої рослинності. По-третє, змінюється тепловий і світловий режим вод, підсилюються умови утворення чорного мулу, що знижує кількість кисню у товщі води, особливо в придонних зонах. Роль синьозелених водоростей, сформованих в системі водосховищ, направлена на забезпечення в них кругообігу органічних речовин та біогенних елементів. *Ключові слова:* синьозелені водорості, «цвітіння» води, фосфати, чорний мул.

**Влияние биологически активных соединений синезеленых водорослей на гидробионты и теплокровные организмы.** Л.П. Новосельская. Зарегулирование стоков рек и евтрофикация пресных вод, в результате хозяйственной деятельности человека, способствует созданию во внутренних водоемах условий для интенсивной вегетации отдельных видов синезеленых водорослей («цветение» воды). При создании водохранилищ и зарегулирования стока рек, во-первых, тормозится и останавливается течение воды, что приводит к аккумуляции значительного количества биогенных и органических веществ. Во-вторых, в зоне подтопа образуется большая площадь затопления, дно которого служит вспомогательным фактором обогащения воды биогенными и органическими веществами за счет разложения затопленной растительности. В-третьих, меняется тепловой и световой режим вод, усиливаются условия образования черного ила, что снижает количество кислорода в толще воды, особенно в придонных зонах. Роль синезеленых водорослей, сложившихся в системе водохранилищ, направлена на обеспечение в них круговорота органических веществ и биогенных элементов. *Ключевые слова:* синезеленые водоросли, «цветение» воды, фосфаты, черный ил.

**Influence of biologically active compounds in the aquatic blue-green algae and warm-blooded organisms.** L.P. Novoselskaya. Dams and eutrophication of fresh water as a result of human activities, contribute to the creation of inland for dense vegetation of certain types of blue-green algae ("bloom" of water). When creating reservoirs and dams, first, slowed and stopped the flow of water, which leads to the accumulation of a significant amount of nutrients and organic matter. Secondly, in the area podtopa form a large flooded area, the bottom of which is a subsidiary factor of enrichment of water nutrients and organic matter due to decomposition of submerged vegetation. Third, the thermal and light-water treatment, enhanced conditions for the formation of black sludge, which reduces the amount of oxygen in the water, especially in the bottom zone. The role of blue-green algae, the existing system of reservoirs, is aimed at providing

them cycling of organic matter and nutrients. *Keywords:* blue-green algae "bloom" of water, phosphates, black sludge.

Синьозелені водорості представляють чітку окреслену таксономічну групу, яка володіє здатністю до різних типів обміну речовин як за джерелами енергії, так і вуглецю і азоту. За допомогою світла синьозелені водорості в якості джерела вуглецю поряд з вуглекислим газом використовують ацетат, солі мурашиної кислоти тощо. В якості джерела азоту ці водорості використовують як зв'язані його форми, так і елементарний азот атмосфери.

При фотосинтезі для синьозелених водоростей, як і для вищих рослин, характерний механізм другої фотореакції (ефект Емерсона), який пов'язаний з вивільненням кисню і використанням води в якості донора водню та утворення відновного НАДФ. Темнові реакції фотосинтезу – відновлення  $\text{CO}_2$  воднем води до вуглеводів – відбуваються в стромі хлоропластів.

В хлоропластах, як і в мітохондріях, синтезується АТФ з АДФ та фосфору неорганічного. Джерелом енергії для цього процесу слугує сонячне світло і такий процес називається фотофосфорильованням. Підвищення концентрації фосфатів у водоймах стимулює процес фотофосфорильовання, а підвищення концентрації азоту – процеси синтезу органічної маси водоростей. Тому масовому розвитку водоростей під час «цвітіння» води сприяє підвищення евтрофікації водойм.

Максимальну кількість видів – продуцентів токсинів – знайдено серед синьозелених та дінофітових водоростей. Перші є збудниками «цвітіння» води в прісних і рідше – мор-

ських водоймах. Наприклад, в прибережних водах неподалік м. Хельсінки синьозелені водорості розмножуються досить інтенсивно, досягаючи показників біомаси близько 200 г/л. До другої групи водоростей відносяться збудники «червоних приливів», що зустрічаються в морських та океанічних водах, а останнім часом – і в прісних водах.

Із прісноводних водойм, які підлягають «цвітінню», в першу чергу необхідно звернути увагу на великі рівнинні ріки і побудовані на них водосховища, а також ставки різного призначення (біологічні, технічні, рибоводні, відстійники), озера, водойми-охолоджувачі.

Серед синьозелених водоростей, що спричиняють «цвітіння» в дніпровських водосховищах, зустрічаються *Microcystis aeruginosa*, *M. wesenbergii*, *Anabaena flos-aqua*, *A. lemmermannii*, *A. circinalis* тощо. В період «цвітіння» прісноводних водойм біомаса водоростей досягає 1,5 – 2,0 кг/м<sup>3</sup>, в місцях їх скупчення – 5-7 кг/м<sup>3</sup>, а в штильову погоду на поверхні води їх біомаса може досягати 40-50 кг/м<sup>3</sup>.

При значному підвищенні біомаси водоростей (до 500 г/м<sup>3</sup>) з'являється біологічне забруднення, в результаті якого значно погіршується якість води – зменшується прозорість, змінюється кольоровість, кислотність, в'язкість, спектральний склад сонячної радіації, що проникає у водну товщу в результаті розсіювання та поглинання водоростями сонячних променів. У воді з'являються токсичні сполуки (продукти життєдіяльності

водоростей та бактерій, котрі є їх супутниками) і великої кількості органічних речовин, які слугують харчовими продуктами для бактерій, в тому числі і патогенних.

Вода набуває неприємного запаху (водорості під час гниття виділяють ізопропілмеркаптан, диметилмеркаптан, диметилсульфід тощо), виникає дефіцит розчинного кисню, який використовується для дихання водоростей, а також розклад органічної маси. Брак кисню призводить до літніх заморів риби та інших гідробіонтів, тормозяться процеси самоочищення водойм та мінералізація органічних речовин.

Установлено [3], що такий планктонний вид, як *Anabaena variabilis* токсично діє на коропів, що проявляється в порушенні рівноваги між діяльністю кровотворної та кроворуйнуючої систем, при цьому токсичну дію здійснюють як клітини водоростей, так і фільтрати із ростучих культур.

Токсичність водоростей залежить, по-перше, від виду, фізіологічного стану їх клітин і ступеня розпаду останніх; по-друге, види водоростей, які токсичні для нижчих ракоподібних, виявилися токсичними і для найпростіших.

В роботах [1, 2] показано, що ознаки отруєння риб відбуваються в місцях скупчення синьозелених водоростей. Під впливом альготоксинів у риб спочатку спостерігається підвищена рухливість, часте дихання, потім порушується координація, виникає адинамія, пригнічується дихання, риба опускається на дно і гине.

Біохімічні показники токсикозу представлені пониженням до мінімуму концентрації в органах і тканинах риб вітаміну В1 та активності ті-

амінгідролази. Отруєння теплокровних тварин токсинами синьозелених водоростей супроводжується також пониженням вмісту кисню в тканинах в результаті послаблення зовнішнього дихання, зменшення частоти та пригнічення дихання і окисного фосфорилювання в мітохондріях.

В наш час немає сумніву у тому, що велика кількість прісноводних і морських водоростей здатні утворювати біологічно активні сполуки, що характеризуються високою токсичністю для гідробіонтів та теплокровних організмів. З огляду на те, що токсини цих водоростей включають сильнодіючі компоненти, необхідно більш серйозно зважати на небезпечність накопичення таких сполук у водах, що використовуються людиною і тваринами.

Попадання альготоксинів в організм людини або тварини з питною водою обумовлює виникнення різних захворювань, а також отруєння аж до летального стану. При використанні в їжу деяких видів молюсків з родини *Mytilus* та *Saxidomus*, які акумулюють токсини водоростей, а самі до них не чутливі, спостерігалися отруєння з прогресуючим паралічем та порушенням дихання. Смерть від «молюскового токсикозу» може настати за 2-12 годин в залежності від отриманої дози.

Токсична дія *Microcystis aeruginosa* обумовлена двома токсинами: один (ендотоксин) утворюється в самій водорості і є циклічним поліпептидом, називається фактором швидкої смерті (FDF), інший – виділяється бактеріями, які супроводжують ці водорості. Види роду *Anabaena* продукують анатоксин, який назвали, по швидкості дії, фактором

досить швидкої смерті (VFDF), що представляє собою алкалоїд.

Токсична дія синьозелених водоростей проявляється в масовій загибелі гідробіонтів, водоплаваючої птиці і домашніх тварин. У людини при отруєнні токсинами таких водоростей розвивається алергія, харчова інтоксикація. За своєю дією токсини синьозелених водоростей перевершують в декілька разів такі отрути, як кураре та ботулін. Тому при тривалому використанні питної води або риби з водоймищ, які мали інтенсивне «цвітіння», людина може захворіти гафською або юксовсько-сартланською хворобою, під час якої уражаються нирки, нервова та м'язова системи, порушуються функції руху тощо.

Таким чином, токсичні метаболіти водоростей можуть бути віднесені до числа існуючих факторів формування не тільки якості води, але і гідробіоценозів за рахунок подавлення життєдіяльності і відмирання окремих його компонентів. Тому незважаючи на технічні і економічні труднощі регулювання росту синьозелених водоростей в природних водоймах, які підлягають інтенсивній евтрофікації, присутність альготоксинів в питній воді, а також в водоймах рекреаційного та рибогосподарського призначення неприпустимо.

Останнім часом за кордоном значну увагу стали приділяти ролі поліфосфатів миючих засобів в забрудненні природних водойм та їх впливу на розвиток синьозелених водоростей. Для навколишнього середовища одними з найнебезпечніших інгредієнтів миючих засобів є ПАР та фосфати. Хоча у ряді європейських країн їх повністю заборонили, а в інших – їх вміст строго регламентується, в Україні дуже складно знайти миючі

та пральні засоби без фосфатів. Окрім негативного впливу на організм – як мінімум, виникнення алергічних реакцій, – фосфати, за твердженням багатьох учених, загрожують екологічною катастрофою. Потрапляючи в каналізаційні стоки, а потім у водойми, вони викликають бурхливий розвиток шкідливих синьозелених водоростей. Як наслідок, гранично знижується вміст кисню у воді, водойми насичуються аміаком і сірководнем, які є токсинами для усього живого. Приміром, 1г поліфосфату натрію стимулює утворення 5-10 кг водоростей.

Європейський Союз веде жорстку політику щодо обмеження використання ПАР та фосфатів у миючих засобах.

20 серпня 2008 року Постановою Кабінету Міністрів України № 717 було затверджено Технічний регламент, який визначає основні вимоги до миючих засобів та поверхнево-активних речовин, що входять до їх складу, який з 2012 року повинен був стати обов'язковим до застосування всіма виробниками та постачальниками мийних засобів, що реалізують свою продукцію на споживчому ринку України.

Починаючи з 01.01.2012, виробники та постачальники миючих засобів зобов'язані проводити процедуру оцінки їх відповідності вимогам Технічного регламенту та складати необхідну декларацію, яка засвідчить відповідність миючого засобу технічному регламенту.

Боротьба з «цвітінням» водойм має бути спрямована на:

- запобігання антропогенної евтрофікації водоймищ;

- виконання комплексу водоохоронних заходів, які включають надійне поховання торфовищ, створення навколо водоймищ водоохоронної зони, тобто насадження наземної і водної рослинності. Серед них виділяють очерет і рогіз, які поглинають із води велику кількість хімічних елементів і знешкоджують різні токсичні сполуки. Крім того, очерет пригнічує розвиток синьозелених водоростей;
- обмеження на території водозабору водосховища розвитку тваринницьких комплексів, зміну агротехніки сільськогосподарських робіт, та проведення заходів по захисту ґрунтів від ерозії;
- припинення скиду стічних вод або їх відвід за межі водних об'єктів;
- поліпшення очистки стічних вод, «зв'язування» і осадження фосфору у водоймах;
- використання штучної аерації водойм за допомогою повітря або кисню;
- використання альгіцидів для пригнічення розвитку водоростей;
- видалення з водойм надлишку органічних речовин, біомаса яких є цінною природною органічною речовиною.

Технологія очистки води від токсичних речовин дуже складна, тому перевагу треба віддавати профілактиці чистоти водойм. Не можна допускати скупчення водоростей неподалік водозаборів і місць відпочинку людей, водопою тварин, а також їх накопичення в системах водоочистки.

Таким чином, суттєвий ефект регуляції масового розвитку синьозелених водоростей може дати:

1. підвищення ступеня аеробності природних зон води за рахунок проведення допоміжної аерації технічними засобами, що дасть можливість прискорювати процеси мінералізації водойм, підсилювати процеси окислення органічних і неорганічних речовин;

2. локальне видалення чорних молів;

3. обов'язкове видалення водоростей за допомогою технічних рішень з їх послідувочою утилізацією.

Варто зазначити, що вченими Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління отримано Патент №45441 МПК (2009) CO2F 3/06 «Пристрій для біохімічного очищення стічних та природних вод», який може використовуватися для попередження «цвітіння» води синьозеленими водоростями у різних водоймах.

### Література

1. Вассер С., Кондратьева Н., Масюк Н. Водоросли: Справочник – Киев: Наук. думка, 1989. – 608с.
2. Маляревская А. Обмен веществ у рыб в условиях антропогенного евтрофирования водоемов. – Киев, Наук. Думка, 1979. – 253с.
3. Телитченко В.М., Гусев М.О токсичности синезеленых водоростей. Докк. АН СССР, 160. – №6. – 1424. – 1965.