

ELIMINAČNÉ METÓDY NA ZNEŠKODŇOVANIE SINÍC V STOJATÝCH VODÁCH

ELIMINATION METHODS FOR DISPOSAL CYANOBACTERIA IN STAGNANT WATERS

Peter RUMAN – Tibor DZURO – Miroslav BADIDA – Dušan ŠEBO

ABSTRAKT

Tento príspevok sa zaoberá analyzovaním znečistenej stojatej vody sinicami, ktoré spôsobujú eutrofizáciu vôd. Eutrofizácia sa vníma ako celosvetový problém vodných útvarov najmä v letnom a jesennom období. Využívajú sa stále nové poznatky ako je možné množstvo siníc znížiť a zneškodniť spôsobom čo najmenej zaťažujúcim ostatné mikroorganizmy. Jednotlivé metódy zneškodňovania sú často navzájom prepojené, kedy ich účinnosť je pomerne lepšia. Dôležitým činiteľom pri analýze vody je určenie kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov, ktoré poukazujú na stav vodných zdrojov. Na zistenie účinnosti zneškodňovania slúžia mikroskopické rozbory.

Kľúčové slová: sinice, eutrofizácia, stojaté vody, zneškodňovanie

ABSTRACT

This paper deals with analyzing polluted stagnant water cyanobacteria that cause eutrophication of water. Eutrophication is seen as a global problem of water bodies especially in summer and autumn. They are used to getting new knowledge as possible to reduce the amount of cyanobacteria and disposed of in the least burdensome manner other microorganisms. Various methods of disposal are often linked when their effectiveness is relatively better. An important factor in the analysis is to determine the water quality and quantity indicators that show the status of water resources. To determine the effectiveness of disposal are microscopic analyzes.

Key words: cyanobacteria, eutrophication, stagnant water, disposal

ÚVOD

Stojaté vody so zvýšeným obsahom živín sú počas teplých dní vhodným prostredím pre nástup procesov eutrofizácie vôd. Schopnosť vody poskytovať potrebné životné podmienky možno súhrne označiť ako úživnosť. Závisí od obsahu minerálnych látok teplotných a svetelných podmienok, nevyhnutných pre biologickú produkciu. Eutrofizácia je prírodné a umelé obohacovanie vôd živinami, ktoré spôsobujú výrazné zmeny v chemicko-fyzikálnych vlastnostiach vody a v biologickom režime vodných ekosystémov. Prírodná eutrofizácia je zapríčinená uvoľňovaním dusíka a fosforu z pôdy, sedimentu a z odumretých vodných organizmov. Umelá eutrofizácia vzniká intenzívnou poľnohospodárskou výrobou, zvýšenou produkciou priemyselných a komunálnych odpadových vôd, používaním čistiacich prostriedkov. Zvyšovanie živín v stojatých vodách spôsobuje rozvoj mikroorganizmov, siníc a rias. Predovšetkým ide o zlúčeniny fosforu a dusíka [1].

Sinice sú veľmi staré organizmy, ktoré sa na Zemi objavili pred 3 miliardami rokov. Sú najjednoduchšie autotrofné prokaryotické mikroorganizmy, ktoré tvoria dôležitú zložku fytoplanktónu a fytobentosu v stojatých vodách. Na produkciu siníc vplyva niekoľko hlavných faktorov napr. priehľadnosť vodného stĺpca, svetlo, teplota a živiny. Hlavný pomer hodnôt uhlík dusík fosfor predstavuje (C:N:P) = 106:16:1. Dusík sa vo vodách vyskytuje v rozličných zlúčeninách a fosfor je v podobe minerálnych fosforečnanov.

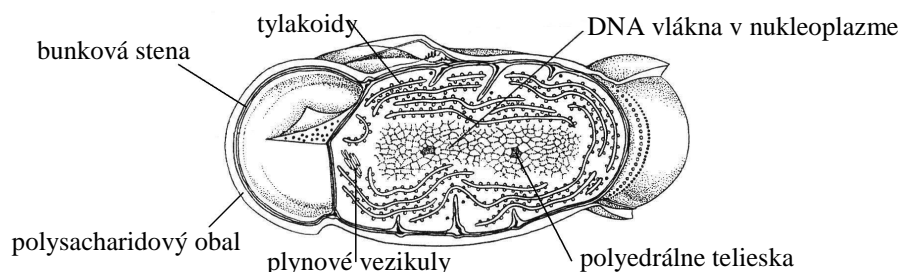
Niektoré druhy siníc uvoľňujú do okolitého prostredia toxické látky - cyanotoxíny. V prípade sladkovodných cyanobaktérií sa jedná zhruba o 1/3 z približne 50 rodov. Typickým prejavom otravy sú krče pohybového svalstva, nekoordinované pohyby, strata stability, dusenie a následná smrť udusením. Otrava sa prejaví veľmi rýchlo. Najčastejšie tieto otravy pozorujeme u divo žijúcich a domácich zvierat. Na otravu dospelého človeka stačí dávka 0,078-15 mg. Mladá, pomaly rastúca populácia siníc rodu *Microcystis* a *Anabaena* neuvolňujú do okolia viac než 1 % toxínov z celkového obsahu v bunkách, pretože cyanotoxíny sú endotoxíny, ktoré nie sú

aktívne vylučované. V dobe nástupu masového rozvoja siníc sa z buniek vylučuje 10-25 % toxínov, ktoré sú uvoľnené z prvých odumierajúcich buniek. Masovo rozvinutá populácia vylučuje 60-95 % toxínov, podľa pokročilosti rozkladového procesu. Cyanotoxíny sa na základe miesta svojho účinku zaraďujú do troch hlavných skupín:

MORFOLÓGIA SINÍC

Sinice sú bez bunkového jadra, Golgiho aparátu, mitochondrií, endoplazmatického retikula a plastidov. DNA zostáva uložená v centre buniek a nie je uzavretá jadrovou membránou. Fotosyntéza prebieha vo vnútri bunky v tylakoidoch. Bunková stena (obr. 1) je tvorená zo štyroch vrstiev [1].

Niektoré sinice sú od vonkajšieho prostredia oddelené len vlastnou bunkovou stenou. Pri niektorých rodoch siníc je možné pozorovať aj slizové obaly. Slizové obaly sú tvorené predovšetkým komplexom polysacharidov. Často sú špecificky zafarbené, pričom ich farba závisí od pH prostredia. Pri niektorých rodoch sú intenzívne vyvinuté a tvoria masívnu hmotu okolo buniek.



Obr. 1 - Bunková stena

Tvar jednobunkových alebo v kolóniách žijúcich siníc je guľovitý, oválny, valcovitý, paličkovitý, ojedinele vretenovitý. Jednobunkové sinice sú niekedy zoskupené do vláknitých útvarov, medzi bunkami však nie je fyziologické spojenie ako pri pravých vláknach. Vlákna sú jednoradové, zriedkavo viacradové, nerozkonárené alebo rozkonárené. Rozkonárenie je buď pravé, keď z pozdĺžne rozdelenej bunky vyrastie kolmo bočný konárik, alebo nepravé, keď po roztrhnutí vlákna jeden alebo obidva konce vlákna vyrastajú von z pošvy [1].

METÓDY ZNEŠKODŇOVANIA SINÍC

Najčastejšie sa sinice premnožujú v lete, keď je teplota vody a stabilita vodného stĺpca najvyššia. Množstvo a rozšírenie vodného kvetu siníc môže výrazne ovplyvňovať aj celý rad ďalších faktorov a často všetko závisí len od danej lokality. [3]

Najefektívnejšia doba zásahu proti masovému rozvoju siníc je na začiatku ich rozvoja. Vtedy sú najzraniteľnejšie, prijímajú najviac látok zo svojho okolia a po prezimovaní sú zoslabnuté. Najlepšie výsledky v boji proti siniciam sa dosahujú kombináciou metód. Metódy na zneškodňovanie siníc rozdelujeme na:

- mechanické,
- chemické,
- biologické,
- elektrolytické.

Mechanické metódy

Mechanické odstraňovanie vyprodukovanej biomasy prichádza do úvahy iba v miestach, kde dochádza k dočasnému zhromažďovaniu vodného kvetu. Patrí sem odstraňovanie biomasy a vyplavovanie častí biomasy. Na zber biomasy sa používajú husté siete alebo syntetické textilie (obr. 2). Tu však nastáva problém s ich následným uložením a vysušením. Biomasa siníc pri sušení nepríjemne páchne. Táto metóda je účinná len na malé vodné nádrže. [5]



Obr. 2 - Hustá stiet zo syntetického textilu

Vyplavovanie častí biomasy vodného kvetu z vodnej plochy sa bazepečuje pomocou technického zariadenia. Tento princíp je založený na odsávaní znečistenej vody z nádrže. Vyplavovanie je účelné, môže však znamenať presun siní do nižšie položeného úseku, kde v dobe rozkladu môžu ovplyvniť kyslíkový režim.

Chemické metódy

Ďalšou používanou metódou je chemická metóda, ktorá dokáže biomasu siníc odstrániť. Najčastejšie sa používajú chemické prípravky ako: algicídny, herbicídny, koagulanty, flokulanty. Tieto prípravky sú schopné odstrániť sinice hneď, ale bez dlhodobého efektu a sú rizikom pre celý ekosystém. Táto metóda je vhodná len na malé VN.

Algicídny

Z algicídov sa najčastejšie používa síran meďnatý (modrá skalica- karcinogénna látka), zlúčeniny hliníka, hydroxid vápenatý, chlorid železitý a síran železitý. Tieto prípravky ničia sinice, ale pri aplikácii dochádza k usmrteniu buniek a k vyliatiu bunkového obsahu do vody. To vedie takmer vždy ku kyslíkovému deficitu, mimoriadne zvýšenému obsahu rozpustených organických látok do vody, uvoľneniu toxínov. Uvoľnené toxíny ovplyvňujú chuť a pach vody. Vodné plochy po aplikácii algicídov nie je možné využiť ako zdroj pitnej vody a ani na rekreačné účely. Použitie algicídov je v určitých krajinách obmedzené alebo zakázané. [3]

Herbicídny

Gramoxon je hnedá tekutina, obsahujúca 20 % účinnej látky, ako je paraquat, ktorý blokuje proces fotosyntézy a je aj bunkovým jedom. Účinná dávka pre rôzne druhy rastlín sa pohybuje od 10 do 30 kg.ha⁻¹.

Dalapon je svetlohnedá soľ, ktorá obsahuje ako účinnú látku sodnú soľ kyseliny alfa v množstve okolo 90 %. Je dobre rozpustná vo vode. Povaha jeho účinku spočíva v rušení niektorých biosyntéz a aktivity bunkového delenia. Účinnosť Dalaponu na vodné rastliny sa pohybuje podľa druhu rastliny v dávkach od 15 do 45 kg.ha⁻¹.

Pokiaľ je možné, vyhýbame sa akejkoľvek aplikácii herbicídov. Pri aplikácii herbicídov totiž nikdy nemôžeme vylúčiť určitú kumuláciu v potravinovom reťazci, čo znamená skrytú hrozbu nielen pre ekosystém nádrže, ale aj pre človeka.

Koagulanty

Koagulácia je fyzikálno-chemický proces, pri ktorom sa dispergované častice zhlukujú do väčších celkov. Takto vzniknutá hrubodisperzná sústava je kineticky nestála a dochádza k vypadávaniu vločiek a k ich sedimentácii. Koagulanty sú organické látky, ktoré neutralizujú povrchový náboj častíc vo vode a tak umožňuje ich zhlukovanie do väčších celkov. Pri čírení sa využíva poznatok, že bunky siníc sa dobre adsorbujú na čerstvo vytvorených vločkách hydroxidu železitého alebo hlinitého. Ako koagulačné činidlá sa používajú soli hliníka a železa. [4]

Flokulanty

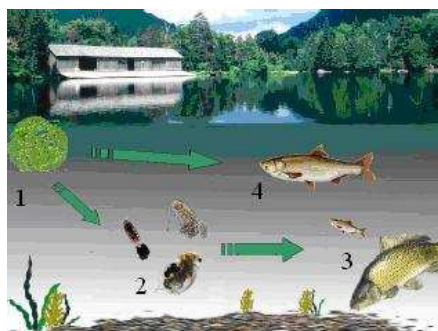
Flotácia je fyzikálno-chemický proces separácie látok z vody, pričom tieto sú rôznymi spôsobmi vynášané na hladinu, z ktorej sa odstraňujú. Chemická flotácia je proces separácie siníc, v ktorom vynášanie spôsobujú bublinky plynu, ktoré vznikajú reakciou pridaných chemikálií. Výhodou je, že na rozdiel od algicídnych látok nedochádza k uvoľneniu toxínov.

U flokulantov určených na aplikáciu v stojatých vodách sa kladie dôraz na rýchlosť reakcie a na to, aby čo najmenej ovplyvňovali pH. Pre tieto účely sú najviac vhodné flokulanty na báze tzv. PAC - polyaluminiumhydroxid chloridov.

V poslednej dobe sa svetový trend zameriava na flokulanty vyrábané z prírodných surovín, resp. biologického odpadu z potravinárskej prípravy morských plodov. Jedná sa o prípravky na báze tzv. chitosanu. Tieto produkty sú biologicky odbúrateľné, preto nezaťažujú životné prostredie [3].

Biologické metódy

K obmedzeniu siníc sa využívajú rôzne metódy, z ktorých sa najvýhodnejšie javia biologické, z nich napríklad aplikácia vhodných druhov rýb, ktoré môžu svojím pôsobením priaznivo prispieť k udržaniu alebo k zlepšeniu požadovanej kvality vody. Jedným zo spôsobov ich zneškodňovania je využitie ich prirodzených nepriateľov vo vode, ktoré dokážu sinice účinne obmedziť v počiatkovej fáze ich vývoja. Hlavným konzumentom siníc je filtrujúci zooplanktón a bylinožravé druhy rýb.



Obr. 3 - Potravinový reťazec : 1- fytoplanktón, 2 - zooplanktón, 3 - planktonožravé ryby, 4 - bylinožravé ryby

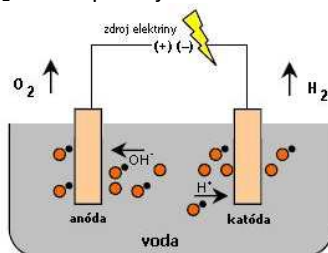
Potravinový reťazec (obr. 3) je možné regulovať biomanipulačnými opatreniami [2]:

- podpora výskytu dravých rýb na obmedzenie množstva zooplanktonožravých druhov rýb,
- obmedzenie výskytu zooplanktonožravých druhov rýb ich zvýšeným odlovom,
- vysádzanie bylinožravých druhov rýb na reguláciu rozvoja siníc,
- vytvorenie vhodných podmienok pre reprodukciu žiaducich druhov rýb,
- vysádzanie bylinožravých rýb v prípade nadmerného rozšírenia vyšších vodných rastlín.

Elektrolytické metódy

Na základe elektrolýzy prebieha elektrolytické zneškodňovanie siníc v stojatých vodách.

Elektrolýza (obr. 4) je fyzikálno-chemický dej, spôsobený prechodom elektrického prúdu cez roztok, pri ktorom dochádza k chemickým zmenám na elektródach. Elektricky vodivý roztok obsahuje zmes kladných a záporných iónov, ktoré vznikajú disociáciou molekúl. Prechodom elektrického prúdu dochádza k pohybu kladných iónov (katiónov) k zápornej elektróde (katóde) a záporných iónov (aniónov) ku kladnej elektróde (anóde). Na elektródach takýmto spôsobom môže prebiehať chemická reakcia - medzi iónmi a elektródou, medzi iónmi samotnými alebo iónmi a roztokom (vďaka vyššej koncentrácii iónov pri elektródach). Pri elektrolýze vody sa na kladnej elektróde - anóde vyvíja kyslík O_2 a na zápornej elektróde - katóde sa uvoľňuje vodík H_2 . [5]



Obr. 4 - Proces elektrolýzy



Pri elektrolýze vody prebiehajú na elektródach chemické reakcie:

- na kladnej elektróde - anóde $2 \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{e}^-$
- na zápornej elektróde - katóde $2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$
- výsledná reakcia elektrolýzy $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$

ZÁVER

Sinice predstavujú počas letných mesiacov v stojatých vodách zásadnú hrozbu pre vodohospodárskych pracovníkov, rekreantov využívajúcich znečistené vodné plochy ako aj rybárov. Vysoká produkcia nepriaznivo ovplyvňuje kvalitu vôd a ohrozuje vodné živočíchy a rastliny žijúce v zasiahnutom území. Pre obmedzenie tohto javu sa neustále hľadajú a vylepšujú metódy, hydrologické zásahy a techniky. Problematika eutrofizácie je zložitá a špecifická pre pomery jednotlivých jazier. Zneškodnenie vodného kvetu je jediným spôsobom ako zabrániť poškodenie životného prostredia a zdravia ľudí. Najlepšou dostupnou metódou zneškodňovania vodných kvetov sa ukazuje v dnešnej dobe použitie elektroflotačnej zneškodňovacej metódy za prítomnosti kombinácie aj ostatných metód.

Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu "Implementácia a modifikácia technológie na znižovanie výskytu siníc v stojatých vodách" (ITMS: 26220220028), na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BAČKOR, M.: Základy systému nižších rastlín I. (Sinice, riasy a slizovky), UPJŠ, Košice, 2002, ISBN 80-7097-453-4.
- [2] BENDÍKOVÁ, M.: Eutrofizácia malých vodných nádrží. In: I. konferencia s medzinárodnou účasťou: Malé vodné diela alternatívne zdroje energie, Košice, Litera, 2001, s. 85-90, ISBN 80-232-0205-7.
- [3] BITTON, G.: Wastewater Microbiology, 3rd edition, New York, 2005, ISBN 0-471-65071-4.
- [4] FOTT, B.: Sinice a řasy, Academia, Praha, 1967.
- [5] KALINA, T., VÁŇA, J.: Sinice, houby, mechorosty a podobné organizmy v súčasnej biologii, Karolimus, 2005, ISBN 80-246-1036-1.

ADRESY AUTOROV

Peter RUMAN, Ing., Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 8, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: peter.ruman@tuke.sk.

Tibor DZURO, Ing., Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 8, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: tiber.dzuro@tuke.sk.

Miroslav BADIDA, Dr.h.c., prof., Ing., PhD., Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: miroslav.badida@tuke.sk.

Dušan ŠEBO, prof., Ing., PhD., Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovenská republika, e-mail: dusan.sebo@tuke.sk.

RECENZENT

Miroslav RUSKO, RNDr., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >miroslav.rusko@stuba.sk<