

Критични натоварвания за тежки метали като критерий за оценка на водни екосистеми

Соня Дамянова

Critical loads of heavy metals as a criterion for estimation of aquatic ecosystems: The critical loads of heavy metals focus on the regional distribution of the sensitivity of ecosystems. The relationships between effects of air pollution and response of ecosystems on a European scale are expressed by comparing deposition to critical loads. The sustainability of ecosystems is defined to be at risk when the critical loads are exceeded. The critical loads of cadmium are rather lower than the critical loads of lead. They are exceeded for half of the examined ecosystems.

Key words: Critical loads, Heavy metals, Aquatic ecosystems

ВЪВЕДЕНИЕ

В началото на 90-те години започват научни изследвания и дебати за необходимостта от оптимизиране на способите за оценка и контрол на разпространението на тежки метали. Обект на внимание са кадмий, олово и живак предвид доказаното им силно токсично действие върху организмите. Широко използваните дотогава "пределнодопустими концентрации" се оказват недостатъчно надежден показател, защото са съобразени главно с вредното въздействие върху хората, а освен това се отнасят само до разтворимите форми на елементите. Трябва да се има предвид факта, че попадането на металите в живите организми се осъществява под формата на аерозоли от въздуха или разтворими форми като: свободни йони, комплексни съединения с органични или неорганични лиганди. От съществено значение за разпространението им е химическият състав на повърхностните води, който е силно зависим от киселинността на средата. С повишаването ѝ се увеличава разтворимостта на солите на тези метали както в суспендираните частици, така и в дънните наноси, а от там и прекия им токсичен ефект. По тази причина се въвежда критерият "критично натоварване", който според съвременните познания отчита максималната граница на натоварване със замърсяващо вещество, под която се запазва устойчивото развитие на екосистемите. Този показател е мярка, отразяваща специфичните особености на конкретна екосистема, включвайки всичките ѝ съставни компоненти.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Моделът, използван за изчисляване на критичните натоварвания за Pb и Cd за водни среди, се основава на метода на масов баланс за устойчиво развитие на екосистемите [1]. Основната хипотеза е: за да се запазва равновесното състояние, постъпващите компоненти трябва да са равни на напускащите. Това означава, че количеството на металите, постъпили чрез валежи или сухи отлагания, трябва да съвпада с тези, изнесени с дренажните води и надземната биомаса. За условията на България е прието да се пренебрегват изветрителните процеси по отношение на тежките метали като незначителни, а се вземат предвид само постъпващите от атмосферата сухи и мокри отлагания. Тези отлагания са определяни чрез анализ на проби от валеж, събирани в постоянно отворени колектори. Износът чрез надземна биомаса [2] се изчислява като се има предвид средногодишният прираст и концентрацията на съответния елемент във всеки дървесен вид [4]. За износа на металите чрез дренажни води се използват данни за цялата страна в мрежа от по 100 км² [5]. Методологичните особености за изчисляване на критичните натоварвания са отразени подробно в друг материал с участие на автора [3].

Критичните натоварвания са критерий, характеризиращ състоянието на равновесие за една екосистема. Реална представа за съответните водни обекти се получава като се отчитат внесените с валежи метали. Когато отложените количества превишават по стойност критичните натоварвания, в системата настъпват необратими промени и е необходимо вземане на спешни мерки за възстановяване на равновесието.

Обект на изследване са осем водни екосистеми, разположени на различна надморска височина и повлияни в различна степен от замърсители: язовирите "Петрохан", "Среченска бара", "Огоста", "Панорама" (Плевен) и реките Бързия, Чипровци, Тученица (Плевен) и Егуля (Плана планина). Данните, използвани в статията, са средногодишни стойности за периода юли 2006-юли 2007 година.

Получените резултати за киселинността на водите (табл. 1) показват най-ниска стойност за язовир "Петрохан" $pH=6.51$, а най-висока за язовир "Панорама" $pH=7.62$. По-голяма част от останалите обекти са с кисела реакция на водите, докато слабо алкална проявяват река Тученица $pH=7.42$ и язовир "Огоста" $pH=7.12$. Същата тенденция се наблюдава и по отношение на pH на дънните наноси. Най-висока е киселинността за язовир "Петрохан" $pH=6.36$, а най-ниска на язовир "Панорама" $pH=7.33$. Анализите на дъждовната вода в тези обекти показват максимална киселинност $pH=4.98$ за язовир "Среченска бара" и много близка по стойност до нея $pH=5.09$ за река Егуля. В Плевен при язовир "Панорама" и река Тученица дъждовете са с естествена киселинност $pH=5.54$.

Таблица 1. Средни стойности на киселинност, изразени чрез pH .

Обект	Повърхностна вода	Дънни наноси	Валежи
яз. "Петрохан"	6.51	6.36	5.17
яз. "Среченска бара"	6.71	6.45	4.98
яз. "Огоста"	7.12	7.30	5.32
яз. "Панорама"	7.62	7.33	5.54
р. Бързия	6.64	6.56	5.17
р. Чипровци	6.94	7.05	5.61
р. Тученица	7.42	7.22	5.54
р. Егуля	6.90	6.71	5.09

Всички изследвани води съдържат незначителни количества Cd - 0.0001 мг. dm^{-3} , докато съдържанието на Cd в дънните наноси варира в по-голяма степен (табл. 2). Най-ниско е количеството на Cd в река Тученица и язовир "Панорама", съответно 0.12 и 0.14 мг. kg^{-3} , а най-високо за язовир "Среченска бара" - 2.99 мг. kg^{-3} . Значително по-високо е съдържанието на Cd в наносите на река Чипровци - 44.36 мг. kg^{-3} , най-вероятно в резултат на рудодобивна дейност в района. За останалите водни обекти количеството на Cd е под 0.5 мг. kg^{-3} .

Таблица 2. Съдържание на кадмий.

Обект	Вода, мг. dm^{-3}	Наноси, мг. kg^{-3}	Валеж, мг. dm^{-3}
Яз. "Петрохан"	0.0001	0.37	0.0001
Яз. "Среченска бара"	0.0001	2.99	0.0001
Яз. "Огоста"	0.0001	0.52	0.0002
Яз. "Панорама"	0.0001	0.14	0.0001
Р. Бързия	0.0001	0.27	0.0001
Р. Чипровци	0.0001	44.36	0.0001
Р. Тученица	0.0001	0.12	0.0001
Р. Егуля	0.0001	0.40	0.0002

При анализа на оловното съдържание на повърхностните води се наблюдава по-голямо разнообразие в сравнение с кадмия (табл. 3). Най-високи са стойностите за река Егуля $0.0037 \text{ мг. дм}^{-3}$ и река Чипровци $0.0020 \text{ мг. дм}^{-3}$. При останалите обекти концентрациите на Pb са незначителни в граници $0.0004\text{-}0.0009 \text{ мг. дм}^{-3}$. Установеното от нас по-високо съдържание на Pb вероятно е с техногенен произход – река Егуля е в непосредствена близост до София, а река Чипровци се намира в рудодобивен район. В дънните наноси най-много олово се открива отново в река Чипровци $486.67 \text{ мг. кг}^{-3}$, а също така и в язовир “Огоста” $194.89 \text{ мг. кг}^{-3}$. Съдържанието на Pb е неочаквано високо в язовир “Среченска бара” $106.82 \text{ мг. кг}^{-3}$, който се намира в район без индустриални замърсявания, докато наличието на Pb в разположен край натоварен автомобилен път язовир “Петрохан” е само $24.75 \text{ мг. кг}^{-3}$. Най-малки количества свързано олово съдържат язовир “Панорама” $16.64 \text{ мг. кг}^{-3}$ и река Егуля $18.58 \text{ мг. кг}^{-3}$.

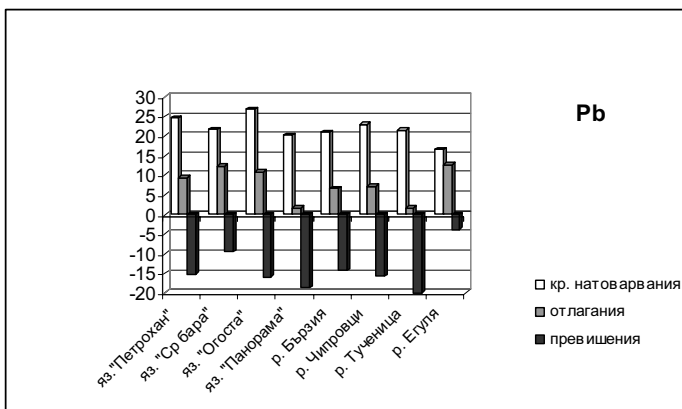
Таблица 3. Съдържание на олово.

Обект	Вода, мг. дм^{-3}	Наноси, мг. кг^{-3}	Валеж, мг. дм^{-3}
Яз. “Петрохан”	0.0006	24.75	0.0008
Яз. “Среченска бара”	0.0004	106.82	0.0013
Яз. “Огоста”	0.0009	194.89	0.0013
Яз. “Панорама”	0.0005	16.64	0.0004
Р. Бързия	0.0009	25.13	0.0008
Р. Чипровци	0.0020	486.67	0.0007
Р. Тученица	0.0004	16.64	0.0004
Р. Егуля	0.0037	18.58	0.0016

Изчислените критични натоварвания за Pb в изследваните обекти имат най-висока стойност за язовир “Петрохан” $26.78 \text{ гр. ха}^{-1} \text{ год}^{-1}$, а най-ниска $16.48 \text{ гр. ха}^{-1} \text{ год}^{-1}$ за река Егуля. Язовир “Панорама” и реки Тученица и Бързия показват близки стойности, съответно 20.23 , 21.59 и $20.91 \text{ гр. ха}^{-1} \text{ год}^{-1}$.

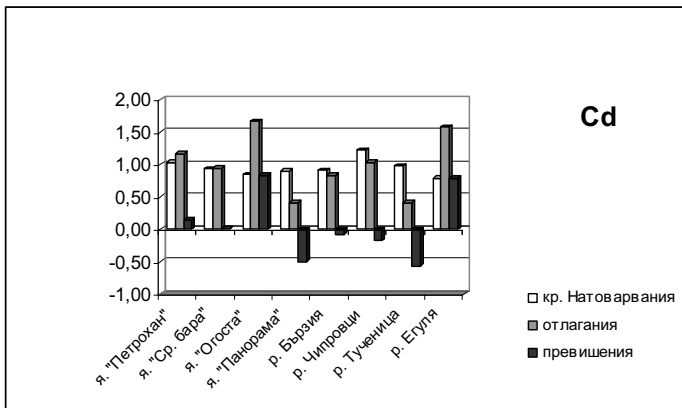
За Cd критичните натоварвания са много по-ниски, но не съответстват по обекти с тези за оловото. Най-високи са стойностите за река Чипровци 1.22 , язовир “Петрохан” 1.01 и река Тученица $0.98 \text{ гр. ха}^{-1} \text{ год}^{-1}$. Най-ниско е натоварването за река Егуля $0.79 \text{ гр. ха}^{-1} \text{ год}^{-1}$.

За изследваните обекти резултатите от анализа на валежите показват много по-ниски стойности за Pb в сравнение с критичните им натоварвания. Това означава, че все още няма заплаха от замърсяване с Pb. Трябва да се има предвид, че за река Егуля е най-малка разликата между реалните отлагания на този метал с валежите $12.62 \text{ гр. ха}^{-1} \text{ год}^{-1}$ и определеното критично натоварване $16.48 \text{ гр. ха}^{-1} \text{ год}^{-1}$ (фиг.1).



Фиг. 1. Критични натоварвания за олово, отлагания с валежи и превишения за 2007 година, изразени в гр. ха⁻¹. год⁻¹.

При четири от осемте водни екосистеми са установени превишения на критичните натоварвания за Cd. Най-големи са за язовир "Огоста" 0.83 гр. ха⁻¹. год⁻¹, което е двукратно по-голямо от самото критично натоварване. За река Егуля превишението е 0.79 гр. ха⁻¹. год⁻¹, равняващо се на стойността на критичното натоварване. Най-малки са превишенията за водите на язовирите "Среченска бара" и "Петрохан", съответно: 0.01 и 0.14 гр. ха⁻¹. год⁻¹ (фиг.2).



Фиг. 2. Критични натоварвания за кадмий, отлагания с валежи и превишения за 2007 година, изразени в гр. ха⁻¹. год⁻¹.

В нито един от проучваните водни обекти съдържанието на Cd не надвишава препоръчителната концентрация за разтворими форми на този метал 0.38 мкг. дм⁻³. Съобразно тези критерии установеното съдържание на Cd е безопасно за водните екосистеми. Като се използват критичните натоварвания и се сравнят с количествата, внесени чрез валежите, в част от обектите Огоста и Егуля се установява натрупване на Cd, което е сигнал за нарушаване на равновесието. Очевидна е и уязвимостта на язовирите "Среченска бара" и "Петрохан", при които

отлаганите с валежите количества са съизмерими със стойностите на критичните натоварвания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на показателя критични натоварвания за даден замърсител дава възможност за пълна оценка за конкретна екосистема, тъй като се отчитат специфичните ѝ особености. Сравняването с отлаганията от атмосферата показва реалната ситуация за определен период от време и позволява вземане на подходящи мерки за ограничаване на разпространението на замърсителя, ако е установено превишение от критичните натоварвания. Спестяват се време и средства, защото вниманието се насочва целево към чувствителни обекти и конкретни замърсители, а не за цели региони.

Резултатите, използвани в статията са финансирани от проект НЗ 0105 към фонд за научни изследвания при МОН.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] De Vries W, Bakker DJ, Sverdrup HU. Manual for critical loads of heavy metals for aquatic ecosystems. Guidelines for critical limits, calculation methods and input data. DLO Winand Centre, 1998, Report 165, Wageningen, The Netherland, 99.
- [2] Ignatova, N. Methodological aspects of heavy metals critical loads calculation in Bulgaria. Proc. of UN/ECE workshop on critical loads for heavy metals (H. Gregor and V. Bashkin Eds.), 2001, Kishinaw, 81-88.
- [3] Игнатова, Н., С. Дамянова. Подход на моделиране и необходими данни при определяне на критичните натоварвания за тежки метали за повърхностни води. Scientific articles, Ecology 2006, 186-200.
- [4] Йорова, К. Критични стойности за токсичността на тежки метали в горски екосистеми. Отчет № 82463101, 1992, 205.
- [5] Кехайов, Т., И. Станев. Карта на подземните води в България. БАН, 1986, V, 304-307.

За контакти:

Соня Борисова Дамянова, Главен асистент, Катедра "Патология на растенията и химия", Факултет по екология и ландшафтна архитектура, ЛТУ София, бул. "Климент Охридски" 10, тел.:0291907/350, sonya_damyanova@ltu.bg

Докладът е рецензиран.