

В.М. УДОД, доктор біологічних наук, професор

І.Л. ВІЛЬДМАН, здобувач

Київський національний університет будівництва та архітектури

ВАЖКІ МЕТАЛИ ЯК ЗАБРУДНЮВАЧІ ВОДНОЇ СИСТЕМИ Р.ІНГУЛЕЦЬ

Розглядаються важкі метали як забруднювачі в аспекті застосування нових комплексних екологічних методів контролю стану гідроекосистем. Показано, що штучне надходження їх у водні системи негативно впливає на ряд внутрішньоводойменних процесів. З'ясована їх деструкційна властивість по відношенню до гідроекосистем.

Ключові слова: важкі метали; гідроекосистема; міграція; біохімічна активність; ліофільність; технофільність; спеціалізована техногенність; деструкційна активність.

Рассматриваются тяжелые металлы как загрязнители водной системы р. Ингулец в аспекте применения новых комплексных экологических методов контроля состояния гидроекосистем. Показано, что искусственное поступление их в водные системы отрицательно влияет на ряд внутриводоемных процессов. Выявлена их деструкционная активность по отношению к экологическому состоянию гидроекосистем.

Ключевые слова: тяжелые металлы; гидроекосистема; миграция; биохимическая активность; биофильность; технофильность; специализированная техногенность; деструкционная активность.

Heavy metals as contaminants of the water system of the Ingulets River are considered from the point of view of application of new complex ecological methods of monitoring of water system condition. Their artificial inflow has a negative effect on the processes within water reservoirs, trophic as well as self-regulating connections within water systems. The activity of heavy metals also proved destructive in regards to the ecological condition of water system while using such complex monitoring.

Key words: heavy metals; water system; migration; biochemical activity; biophilicity; technophilicity; specialized industrial activity; destructive activity.

Важкі метали (ВМ) є сировиною для багатьох видів промисловості, а також є відходами, які утворюються у виробничих процесах, що обумовлює їх штучне надходження у водні системи річок. На відміну від багатьох інших сполук ВМ характеризуються такими фізико-хімічними властивостями, що створюють певні умови їх міграції в гідроекосистемах (ГЕ) річок. Саме форми

ВМ знаходження в ГЕ впливають на їх міграцію та дію на гідробіонти: у вигляді вільних або гідратованих катіонів, розчинених та малорозчинних з органічними та неорганічними лігандами, інших малодисоційованих сполук. Завдяки цьому фізико-хімічна активність вищезазначених форм змінюється у кожному випадку її міграції в ГЕ [1-4]. Потрапляючи до водних систем річок [5] ВМ негативно впливають на трофічні, саморегулюючі зв'язки в ГЕ річок. Для з'ясування та попередження цих впливів необхідно дослідити причинно-наслідкові дії на ГЕ. В той же час існуючі нормативні хімічні методи контролю водного середовища річок визначають тільки індивідуальні показники речовин антропогенного походження та інтегральні показники загальної забрудненості річок. В умовах інтенсивного техногенного забруднення річок ВМ доцільно застосовувати комплексні екологічні методи, які визначають їх токсичність для ГЕ, що дають можливість визначити зміни структурно-функціональних властивостей ГЕ, які характеризують інтенсивність внутрішньоводоймних процесів. Саме такий підхід дозволить відрізнити природні зміни ГЕ, що відбуваються в ході сукцесійних процесів, від змін, пов'язаних з дією спеціалізованих модифікованих (антропогенних) факторів.

Метою даної роботи було з'ясування деструкційної (руйнуючої) активності важких металів по відношенню до ГЕ р. Інгулець.

Основою створення комплексних екологічних методів контролю за станом ГЕ є з'ясування наукових закономірностей розвитку водних екосистем в умовах дії спеціалізованих модифікованих факторів. Нами було здійснено систематизацію даних екологічного моніторингу [6-8] за 30-річний період водної системи р. Інгулець в районі м. Кривий Ріг. Річку Інгулець обрано тому, що її русло знаходиться в техногенно напруженому районі, в тому числі, і по важким металам.

Екологічна оцінка стану водної системи р. Інгулець показала: індекс забруднення води (ІЗВ) характеризується в інтервалі «забруднена-брудна-дуже брудна»; відбувається перевищення ГДК по багатьом індивідуальним і сумарним показникам. Зниження самовідновної здатності ГЕ, кратність перевищення ГДК відзначаються за такими показниками: ХСК, нафтопродукти, азот амонійний; вміст ВМ (табл.1). Деструкційна (руйнуюча) активність ВМ по відношенню до ГЕ р. Інгулець слід розглядати як екологічний норматив, який впливає на екологічну ємність ГЕ та підтверджується отриманими нами результатами (далі по тексту). Перш за все, необхідно охарактеризувати функціональні властивості ВМ (табл.2).

Враховуючи біохімічну активність ВМ, для них не існує механізмів самоочищення водних систем тому, що ВМ мігрують із однієї природної складової в іншу, де взаємодіють з різними видами живих організмів – гідробіонтів, спричиняючи негативні наслідки цієї взаємодії. Завдяки чому ВМ, надходячи до біохімічних циклів, дуже повільно покидають трофічні ланцюги ГЕ [1,3]. По-друге, характерною ознакою властивостей ВМ є висока біологічна активність по відношенню до гідроекосистем та екосистем. Крім того, ВМ є

токсичними [10] незалежно від рівня знаходження в гідробіонтах. По-третє, екологічний індекс по кількісним показникам узгоджується із кратністю перевищення ГДК в ГЕ.

Таблиця 1

Середньо-багаторічні значення показників якості води р.Інгулець в районі м.Кривий Ріг *

| Періоди | Відношення концентрацій ВМ (мг/дм ³) до кратності перевищення ГДК | | |
|-----------|---|------------|------------|
| | Cu | Zn | Cr |
| | 1 км вище м.Кривий Ріг | | |
| 1980-1983 | 0,003/3 | 0,004/4 | 0,019/19 |
| 1984-1990 | 0,002/2 | 0,009/9 | 0,007/7 |
| 1991-1996 | 0,005/5 | 0,056/5,6 | 0,004/4 |
| 1997-2010 | 0,007/7 | 0,024/2,4 | 0,003/3 |
| | 1 км нижче м.Кривий Ріг | | |
| 1980-1983 | 0,006/6 | 0,002/2 | 0,002/2 |
| 1984-1990 | 0,002/2 | 0,008/8 | 0,008/8 |
| 1991-1996 | 0,032/32 | 0,161/16,1 | 0,161/16,1 |
| 1997-2010 | 0,010/10 | 0,049/4,9 | 0,049/4,9 |
| | 7 км нижче м.Кривий Ріг | | |
| 1986-1990 | 0,001/0 | 0,013/1,3 | 0,009/9 |
| 1991-1996 | 0,007/7 | 0,075/7,5 | 0,005/5 |

* 1) обрані гідроствори, які відрізняються рівнем техногенного забруднення (ГС-1 – відсутній скид організованих зворотних вод. ГС-2 – впливає в основному поверхневий стік, ГС-3 – після скиду організованих зворотних вод);

2) ГДК: Cu⁺² –0,001; Zn⁺² –0,01; Cr⁺⁶–0,001 мг/дм³.

Таблиця 2

Функціональні властивості важких металів (ВМ)

| Властивості | Cu | Zn | Cr |
|---------------------------------|----|----|----|
| Біохімічна активність | В | В | В |
| Токсичність | П | П | В |
| Збагачення аерозолів | В | В | В |
| Мінеральна форма розповсюдження | Н | Н | П |
| Органічна форма розповсюдження | В | В | В |
| Рухомість | П | П | П |
| Тенденція до біоконцентрування | П | П | П |
| Ефективність накопичення | В | В | В |
| Комплексоутворююча спроможність | В | В | В |
| Схильність до гідролізу | В | В | В |
| Розчинність сполук | В | В | В |

В – висока, П – помірна, Н – низька

Саме біохімічні властивості ВМ спонукали нас визначити їх біохімічну активність за допомогою таких показників: коефіцієнтів ліофільності, технофільності, спеціальної техногенності. Базова методика [5] була нами модифікована і отримані такі результати (табл.3)

Таблиця 3

Біохімічна активність важких металів Cu, Zn, Cr, які містять в ГЕ р. Інгулець

| ВМ | Активність ВМ по відношенню екологічного стану ГЕ | | |
|----|---|-----------------------|--------------------------|
| | біофільність | технофільність | спеціальна техногенність |
| Cu | $1,8 \cdot 10^{-2}$ | $1,66 \cdot 10^{-6}$ | 0,025 |
| Zn | $0,17 \cdot 10^{-2}$ | $0,82 \cdot 10^{-3}$ | 0,103 |
| Cr | $0,07 \cdot 10^{-2}$ | $0,015 \cdot 10^{-3}$ | 0,012 |

Аналіз даних таблиці свідчить, що відбувається збільшення до певного рівня вмісту ВМ в гідроекосистемах, які характеризуються високою біофільністю. Це має для ГЕ позитивне значення із-за вмісту їх в живій речовині – контроль-показник відношення середнього вмісту елемента до його кларка. Підвищення вмісту у водному середовищі елементів з низькою біофільністю призводить до порушення функцій в біосистемах та всієї біокосної системи в цілому. Крім того, при збільшенні технофільності і зменшенні біофільності елемента відбувається збільшення токсичності елемента для гідробіонтів, що збільшує деструкційну (руйнуючу) активність елемента для водної системи в цілому. Слід зауважити також, що деструктивна активність і технофільність елементів залежать не тільки від рівня вмісту ВМ в ГЕ, але й від рівня біофільності цього елемента.

Такі зміни в ГЕ призводять до порушення динамічної рівноваги в них, а у подальшому – до порушення екологічно безпечного розвитку ГЕ.

Таким чином, деструкційна (руйнуюча) активність ВМ по відношенню для водної системи р. Інгулець характеризується таким послідовним рядом біохімічної активності:



Відомо, що ВМ техногенного походження є високотоксичними незалежно від їх вихідної концентрації надходження до водойм [1,5,11] і тому дуже незначний рівень перевищення ГДК у воді є дуже шкідливими для ГЕ, що знайшло підтвердження у наших дослідженнях.

Запропоновані комплексні методи виконані на пріоритетному рівні і відповідають вимогам природоохоронного законодавства та базуються на екосистемному підході визначення впливу ВМ на водну систему р. Інгулець. Отримані результати дозволяють констатувати, що ВМ (поряд із іншими речовинами органічного походження) сприяють потенційним можливостям умов виникнення екологічно-небезпечного розвитку ГЕ р. Інгулець.

Список літератури

1. *Майстренко Б.М. Ключев Н.А и др.* Эколого-аналитический мониторинг стойких органических соединений. – М.:БИНОМ, Лаборатория знаний, 2004. – 323 с.
2. *Васюков А.Е., Бланк А.Б.* Химические аспекты экологической безопасности поверхностных водных объектов. – Харьков: Ин-т монокристаллов, 2007. – 256 с.
3. *Мислюк О.О* Основи хімічної екології. – К.: Кондор, 2012. – 660 с.
4. *Молчанова Я.П и др.* Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. – М.: ИНФ, 2007. – 192 с.
5. *Удод В.М., Трофімович В.В, Волошкіна О.С.* Основи екоотоксикології. – К.: КНУБА, 2008. – 87 с.
6. *Государственный* водный кадастр. Гидрохимические бюлетни I-IV кварталы. /Государственный комитет Украины по гидрометеорологии. Центральная геофизическая обсерватория.1980-1984 гг. – К.: ФОЛ Укр УКГС, 1981-1985.
7. *Государственный* водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Часть 1:Реки и каналы. Часть 2: Озера и водохранилища. Том 2 Украинская ССР. Выпуск 3. Бассейн реки Днепр/Государственный комитет Украины по гидрометеорологии. Центральная геофизическая обсерватория.1985-1990гг. – К.: УОП Укргидромета, 1986-1991.
8. *Государственный* водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Часть 1:Реки и каналы. Часть 2: Озера и водохранилища. Выпуск 3. Бассейн реки Днепр ./ Государственный комитет Украины по гидрометеорологии. Центральная геофизическая обсерватория. 1991-2010гг. – К: УОП Укр ГМЦ, 1992-2011.
9. *Хільчевський В.К.* Гідрологічний режим та якість води р.Інгулець в умовах техносинтезу. – К.: Ніка-центр, 2012 р. – 125 с.
10. *Удод В.М.,Яців М.Ю.* Пріоритетні екоотоксиканти та їх вплив на навколишнє природне середовище і здоров'я людини. – К.: КНУБА, 2013. – 40 с.
11. *Романенко В.Д.* Основи гідробіології. – К.: Обереги, 2001. – 728 с.
12. *Кораблева А.и и др.* Введение в экологическую токсикологию. – Днепропетровск:Центр экологического образования. – 2001. – 308 с.

Надійшло до редакції 26.05.2014