

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

УДК 574.64:504.064

ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМАТИВІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РИБОГОСПОДАРСЬКОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ОСНОВІ ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ (НА ПРИКЛАДІ МОРФОЛІНУ)

Крайнюков О.М., Кривицька І.А.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Показана процедура встановлення гранично допустимої концентрації морфоліну для води водних об'єктів рибогосподарського водокористування на основі аналізу результатів експериментів з визначення максимально допустимих концентрацій для представників основних ланок трофічного ланцюга водної екосистеми, дослідження інтенсивності протікання процесів самоочищення води, генотоксичних властивостей морфоліну, стабільності у водному середовищі, біокумуляції в органах і тканинах риб та ступеня ураженості екосистеми водного об'єкта.

Ключові слова: морфолін, гранично допустима концентрація, хронічна токсичність, тест-об'єкт, ступень ураженості водної екосистеми.

Постановка проблеми. Основні принципи нормування антропогенно-техногенного впливу на природні ландшафти, які сформульовані В. С. Преображенським [1], пов'язані з теорією і практикою управлінської діяльності; соціально-економічними умовами, існуючими на даний час; зі статистикою; з ландшафтною (геосистемною, геоекосистемною) концепцією; зі співвідношенням суб'єкта та об'єкта при розробці норм. Норми – це один із найважливіших засобів управління природоохоронною діяльністю. Без норм не може бути ні управління, ні планування, ні проектування, ні контролю за будь-якими заходами. Найважливішим принципом розробки нормативів є їх ландшафтний, геосистемний характер. Звідси найбільша увага повинна бути приділена використанню ландшафтного підходу при розробленні норм антропогенно-техногенного навантаження на ландшафти [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з [2], для підтримання сприятливих умов функціонування будь-якої геосистеми норма може розумітися не тільки як допустима межа, але і як оптимум, який забезпечує її максимальну здатність до самовідновлення, наприклад водної екосистеми до самоочищення та максимальної біопродуктивності.

Ефективним засобом обмеження антропогенного впливу на водні екосистеми є нормативи екологічної безпеки водокористування – гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин для води водних об'єктів, у тому числі рибогосподарського призначення. ГДК являє собою максимальну концентрацію забруднюючої речовини у воді водного об'єкта, вище якої вода є непридатною для відповідної категорії водокористування.

Аналіз літературних джерел і нормативних матеріалів показав, що у ряді публікацій [3-5] наведено методичні прийоми та процедури встановлення нормативів рибогосподарських ГДК речовин, а також рекомендації щодо використання відповідних методик для визначення їх порогових концентрацій. Основною вадою існуючих мето-

дичних розробок є відсутність в них процедури врахування екологічних ризиків надходження до водного об'єкта речовин, що нормуються, оскільки, згідно із загально прийнятою методологією, нормативи ГДК речовин встановлюються за результатами експериментів в стаціонарних умовах. При цьому не враховується їх небезпека для водних екосистем у зв'язку з існуючою можливістю виникнення непередбачених наслідків сумісної дії і взаємодії речовин, що нормуються, з хімічними сполуками, які присутні у воді водоприймача. Дотримання норм не повинно порушувати ні окремих властивостей геокомпонентів, ні ландшафту в цілому. Цього можна досягти як шляхом розробки норм для окремих властивостей компонентів ландшафту так і за допомогою врахування проявів синергізму, взаємодії речовин тощо.

З метою усунення зазначених недоліків наявних методичних процедур встановлення нормативів ГДК та їх удосконалення з урахуванням ландшафтного та екосистемного підходів до встановлення природоохоронних норм, до алгоритму встановлення нормативів екологічної безпеки водокористування запропоновано включити допоміжний методичний прийом – визначення ступеня ураженості водної екосистеми з урахуванням рівнів хронічної токсичності води [6] водного об'єкта, в який надходить речовина, що нормується. Доповнення процедури встановлення рибогосподарських ГДК речовин зазначеним методичним прийомом дозволяє оцінити екологічні ризики негативного впливу антропогенного забруднення на аквально ландшафти.

Основним принципом встановлення нормативів рибогосподарських ГДК речовин є використання ландшафтно-екологічного підходу, який забезпечує збереження цілісності всіх ланок трофічного ланцюга водної екосистеми та їх стійке функціонування. З урахуванням цього підходу для встановлення рибогосподарських ГДК речовин застосовується тест-система з використанням набору тест-об'єктів, які є представниками редуцентів (сапрофітні гетеротрофні бактерії), продуцентів

(вищі водяні рослини, водорості), консументів (ракоподібні, моллюски, комахи, риби).

Максимально допустимі концентрації речовини для окремих тест-об'єктів визначають за допомогою методу біотестування. Для кожного тест-об'єкта визначають обов'язкові показники токсичності речовини. Інші показники можуть бути допоміжними, їх використовують для дослідження специфічних особливостей впливу речовини на тест-об'єкт. Висновок щодо наявності або відсутності токсичної дії речовини на тест-об'єкт в окремих експериментах за відповідними показниками токсичності роблять на підставі відповідного критерію токсичності.

Максимально допустиму концентрацію речовини для відповідних тест-об'єктів визначають за результатами узагальнення експериментальних даних щодо токсичної дії речовини на всі досліджувані показники токсичності.

Виклад основного матеріалу. Встановлення гранично допустимої концентрації речовини включає такі обов'язкові методичні прийоми [7, 8]: визначення максимально допустимих концентрацій речовини для тест-об'єктів – представників основних ланок трофічного ланцюга водної екосистеми – інфузорій, водоростей, ракоподібних, моллюсків, риб, комах, водяних вищих рослин; визначення генотоксичних властивостей речовини; дослідження стабільності речовини у водному середовищі; дослідження кумулятивних властивостей речовини; оцінка впливу речовини на процеси самоочищення води.

Як допоміжний методичний прийом включено процедуру визначення ступеня ураженості водної екосистеми з урахуванням рівнів хронічної токсичності води водного об'єкта, в який зі стічними водами надходить речовина, що нормується.

За гранично допустиму концентрацію речовини приймають найменшу з ряду визначених максимально допустимих концентрацій для використаних в експериментах тест-об'єктів з урахуванням результатів оцінки впливу речовини на процеси самоочищення води. Трофічна ланка, до якої відноситься найбільш чутливий тест-об'єкт, визначається як лімітуюча.

Виходячи з переліку експериментальних досліджень, які виконуються для встановлення рибогосподарського нормативу ГДК, даний норматив екологічної безпеки водокористування вважається еколого-рибгосподарським нормативом.

Морфолін застосовується на атомних електростанціях для зниження корозійно-ерозійних процесів та рівня забруднення парогенераторів.

Гранично допустиму концентрацію морфоліну встановлено для води водних об'єктів рибгосподарського водокористування на основі аналізу результатів експериментів з визначення максимально допустимих концентрацій для представників основних ланок трофічного ланцюга водної екосистеми, дослідження інтенсивності протікання процесів самоочищення води, генотоксичних властивостей морфоліну, стабільності у водному середовищі, біокумуляції в органах і тканинах риб та ступеня ураженості екосистеми водного об'єкта, в який відводяться стічні води, що містять залишкові концентрації морфоліну. Норматив ГДК морфоліну встановлювали за методами, наведеними в [7, 9].

Ступінь екологічної небезпеки морфоліну для тест-об'єктів досліджувався за допомогою методик біотестування в короткострокових і довгострокових експериментах. За результатами короткострокових експериментів визначено гостру токсичність морфоліну для водоростей *Scenedesmus quadricauda*, найпростіших інфузорій *Tetrahymena pyriformis*, ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* та *Daphnia magna*, моллюсків ставковиків *Limnaea stagnalis*, комах хірономід *Chironomus dorsalis*, вищих водяних рослин *Lemna minor* та розраховано значення середніх летальних концентрацій ($ЛК_{50}$) або середніх ефективних концентрацій ($ЕК_{50}$) морфоліну для відповідних тест-об'єктів. Результати експериментів представлено на рисунку 1.

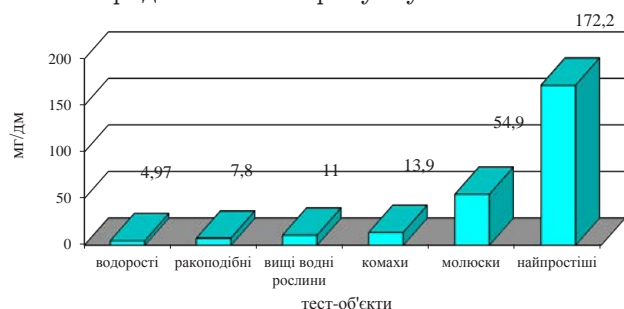


Рис. 1. Значення середніх летальних концентрацій ($ЛК_{50}$) або середніх ефективних концентрацій ($ЕК_{50}$) морфоліну для різних тест-об'єктів

Джерело: розроблено автором

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що у випадках, коли концентрація морфоліну у воді водного об'єкта буде дорівнювати чи перевищувати значення $ЛК_{50}$ або $ЕК_{50}$, можуть створюватись гостролетальні умови, за якими відповідна ланка біологічної складової водної екосистеми буде зазнавати значної шкоди.

У довгострокових експериментах досліджувалась хронічна токсичність морфоліну для водоростей *Scenedesmus quadricauda*, інфузорій *Tetrahymena pyriformis*, ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* та *Daphnia magna*, ставковиків *Limnaea stagnalis*, хірономід *Chironomus dorsalis*, риб *Cyprinus carpio* та *Brachydanio rerio*.

За результатами довгострокових експериментів визначено максимально допустимі концентрації морфоліну для всіх використаних в експерименті тест-об'єктів, які представлено на рисунку 2.

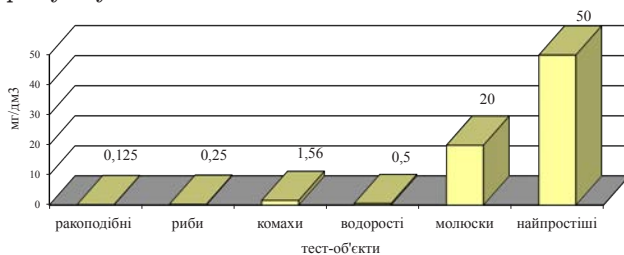


Рис. 2. Максимально допустимі концентрації морфоліну для різних тест-об'єктів

Джерело: розроблено автором

На рисунку видно, що найменшу із визначених максимально допустимих концентрацій морфоліну отримано на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis*.

Дослідження генотоксичних властивостей морфоліну з використанням комах – плодівих мух *Drosophila melanogaster* показало, що максимально допустима концентрація за цим показником складає 0,5 мг/дм³.

За результатами оцінки впливу морфоліну на інтенсивність процесів самоочищення води визначено максимально допустимі концентрації морфоліну для сапрофітних гетеротрофних бактерій, які складають за показником їх чисельності 100 мг/дм³, за показником пригнічення активності дихання бактерій-деструкторів – 212 мг/дм³. Такі значення максимально допустимих концентрацій для бактеріальної мікрофлори свідчать про стійкість цієї ланки водної екосистеми до дії морфоліну.

Найбільш чутливою ланкою водної екосистеми до дії морфоліну є ракоподібні церіодафнії. Відповідно до критерію, за яким встановлюються еколого-рибогосподарські нормативи, за гранично допустиму концентрацію морфоліну приймають найменшу із визначених максимально допустимих концентрацій. Такою концентрацією для морфоліну є 0,125 мг/дм³.

Лімітуючий показник шкідливості морфоліну для водної екосистеми – токсикологічний, оскільки концентрація 0,125 мг/дм³ отримана за результатами оцінки токсичних властивостей речовини. На основі результатів експериментів, в яких визначались кумулятивні властивості морфоліну, встановлено коефіцієнт матеріальної кумуляції в органах і тканинах риб, який становить 0,85–2,4.

В експериментах з визначення стабільності морфоліну у водному середовищі встановлено, що зменшення його концентрації на 95% відбувається за 32 доби. Відповідно до класифіка-

ції, морфолін є помірно стабільною речовиною, оскільки його стабільність знаходиться в діапазоні від 11 до 60 діб. Коефіцієнт ступеня ураженості біотичної складової водної екосистеми становить 1,1 за результатами біотестування води водного об'єкта, в який надходить морфолін зі стічними водами.

Отже, на основі значення еколого-рибогосподарського нормативу ГДК (0,125 мг/дм³), стабільності у водному середовищі (зменшення концентрації на 95% становить 32 доби), коефіцієнта матеріальної кумуляції в органах та тканинах риб (0,85–2,4) та ступеня ураженості біотичної складової водної екосистеми (1,1) морфолін відноситься до 3 класу небезпеки.

Висновки. Гранично допустиму концентрацію морфоліну встановлено для води водних об'єктів рибогосподарського водокористування на основі аналізу результатів експериментів з визначення максимально допустимих концентрацій для представників основних ланок трофічного ланцюга водної екосистеми, дослідження інтенсивності протікання процесів самоочищення води, генотоксичних властивостей морфоліну, стабільності у водному середовищі, біокумуляції в органах і тканинах риб та ступеня ураженості екосистеми водного об'єкта, в який відводяться стічні води, що вміщують залишкові концентрації морфоліну.

Найбільш чутливою ланкою водної екосистеми до дії морфоліну є ракоподібні церіодафнії. Відповідно до критерію, за яким встановлюються еколого-рибогосподарські нормативи, за гранично допустиму концентрацію морфоліну приймають найменшу із визначених максимально допустимих концентрацій. Такою концентрацією для морфоліну є 0,125 мг/дм³.

Список літератури:

1. Преображенский В. С. Основы ландшафтного анализа / В. С. Преображенский, Т. Д. Александрова, Т. П. Куприянова. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
2. Верниченко А. А. Анализ экологических оценок качества поверхностных вод с водоохраных позиций / А. А. Верниченко // Тезисы сообщений Всесоюз. конференции «Оценка и классификация качества поверхностных вод для водопользования». – Харьков, 1979. – С. 11–17.
3. Лесников Л. А. Опыты на дафниях / Л. А. Лесников, Е. Ф. Исакова, Л. В. Колосова // Методические рекомендации по установлению предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: ВНИРО, 1986. – С. 34–48.
4. Методические указания по установлению предельно допустимых концентраций вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов и дополнительных характеристик, нужных для расчета ПДС. – Л., 1989. – 50 с.
5. Методические рекомендации по установлению предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: ВНИРО, 1986.
6. Патент України на корисну модель від 11.11.2013, № 85333 Спосіб визначення ступеня ураженості водної екосистеми / Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 11.11.13.
7. Звіт про науково-дослідну роботу за договором від 21.05.2004 № 18 «Розробка методичних рекомендацій з встановлення нормативів екологічної безпеки – ГДК і ОБРВ забруднюючих речовин для води водних об'єктів рибогосподарського водокористування» (№ держреєстрації 0104U004423). – Харків, 2005. – 106 с.
8. Крайнюков О.М. Ландшафтно-екологічний принцип встановлення нормативів антропогенного навантаження на поверхневі води / О.М. Крайнюков // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна. – 2012. – № 3, 4. – С. 136–145.
9. Крайнюков О. М. Науково-методичні основи нормування антропогенного забруднення аквальної ландшафтів. Монографія / О. М. Крайнюков; за ред. А. В. Гриценка, А. М. Крайнюкової. – Харків: Екограф, 2013. – 260 с.

Крайнюков А.Н., Кривицкая И.А.

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

УСТАНОВЛЕНИЯ НОРМАТИВОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА (НА ПРИМЕРЕ МОРФОЛИНА)

Аннотация

Показана процедура установления предельно допустимой концентрации морфолина для воды водных объектов рыбохозяйственного водопользования на основе анализа результатов экспериментов по определению максимально допустимых концентраций для представителей основных звеньев трофической цепи водной экосистемы, исследование интенсивности протекания процессов самоочищения воды, генотоксических свойств морфолина, стабильности в водной среде, биоккумуляции в органах и тканях рыб и степени пораженности экосистемы водного объекта.

Ключевые слова: морфолин, предельно допустимая концентрация, хроническая токсичность, тест-объект, степень пораженности водной экосистемы.

Krainiukov A.N., Kryvytska I.A.

V.N. Karazin Kharkiv National University

ESTABLISH STANDARDS OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF FISHERY WATER BASED LANDSCAPE-ECOLOGICAL APPROACH (FOR EXAMPLE MORPHOLINE)

Summary

Shown installation procedure morpholine maximum allowable concentration for water fishery water bodies of water by analyzing the results of experiments to determine the maximum allowable concentrations for representatives of the main parts of the food chain of aquatic ecosystems, the research intensity of the processes of self-purification of water genotoxic properties morpholine, stability in water, biokumulyatsiyi in organs and tissues of fish and degree of infestation body of water ecosystems.

Keywords: morpholine, maximum permissible concentration, chronic toxicity test object staggered feet of water ecosystems.