

МАЛАКОТОКСИКОЛОГІЯ, ЇЇ ЗАВДАННЯ ТА ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ

Обговорюються предмет, об'єкт, основні завдання і проблеми нової галузі водної токсикології - малакотоксикології

Важлива роль, яку відіграють м'якуни - одні з найпоширеніших і найчисельніших компонентів водних біоценозів, - у біогенному кругооберті речовин і у потоці енергії в біосфері, використання їх як об'єктів дослідження (модельні види) при опрацюванні загальногідробіологічних проблем, що все ширшає рік від року, зумовили бурхливий розвиток токсикологічних досліджень цих тварин у багатьох країнах світу. Актуальність таких досліджень безперечна, оскільки забруднення водного середовища різними за своєю природою та концентраціями поллютантами, починаючи з кінця 30-их років нашого століття й до сьогодні, відбувається зростаючими темпами. Відтак на сьогодні забруднення водотоків і водойм промисловими, сільськогосподарськими і комунально-побутовими скидами набрало глобального характеру. Забруднене водне середовище стало звичайним місцем перебування гідробіонтів. Нерідко рівень сапробності та токсобності водойм такий, який спричиняє значне зменшення густини популяцій або ж викликає повне знищення малакоценозів. І хоча скидання у водойми деяких найбільш токсичних речовин регламентується державним законодавством, справи з цим далеко не гаразд. Зараз існують дві системи гранично допустимих концентрацій (ГДК) токсичних речовин. Одна з них - санітарно-гігієнічна, призначена для обмеження вмісту токсичних речовин у водогінній мережі та водоймах санітарно-гігієнічного призначення. Друга - рибогосподарська, що забезпечує охорону від дії поллютантів риб, яких розводять у рибних господарствах, і лише в деякій мірі - тих безхребетних, котрі становлять собою основу їх кормової бази (здебільшого це гіллястовусі ракоподібні). Отже, як однією, так і другою системами ГДК повністю ігноруються донні безхребетні, котрі у багатьох водоймах утворюють переважаючу частину біомаси бентосу, що споживається придонними рибами. Сьогодні відчувається невідкладна потреба в опрацюванні універсальної, екологічної системи ГДК, застосування якої дозволить оберегти від шкідливої дії поллютантів усе, без виключення, населення водного середовища. Проблема ця не нова. Починаючи з 70-их років і дотепер низка дослідників наполягала на необхідності створення єдиної для усіх гідробіонтів системи ГДК [1:2]. Проте справа не зрушилась із місця й досі, по-перше, через розбіжність у поглядах щодо доцільності створення універсальної системи ГДК, по-друге, через надзвичайно великий обсяг роботи, по-третє, через труднощі методичного характеру.

Одним із першорядних завдань малакотоксикології є виявлення значень основних токсикологічних показників (для кожного виду тварин і для кожного поллютанта окремо) і на підставі цих та інших досліджень встановлення оптимальних для всіх мешканців водного середовища значень ГДК. Лише за цієї умови можливим є створення екологічного комфорту для всього населення кожної з конкретних континентальних водойм. При цьому оперувати треба не двома, як це робилося у більшості випадків до останнього часу (LC_0 - найменша смертельна концентрація і LC_{100} - найбільша концентрація, витримувана усіма піддослідними тваринами), а трьома токсикологічними показниками (LC_0 , LC_{100} і LC_{50} - середня смертельна концентрація), як слушно зауважує Ш.Д.Мошковський [3], бо LC_{50} набагато інформативніший показник, ніж LC_0 і LC_{100} .

Збереження біологічної різноманітності у водному середовищі життя неможливе без детального вивчення особливостей впливу на кожний з видів забруднюючих воду хімічних агентів як мінерального, так і органічного походження, причому, як кожного окремо, так і при їх комплексній дії на організми (через наявність анатагоністичної та синергетичної дії хімічних агентів на організми) [4], а також захисно-приспосувальні і патологічні реакції останніх. Перші з них забезпечують адаптацію гідробіонтів до дії на них поллютантів, другі призводять до захворювання або загибелі особин.

У останні 20-25 років чимало токсикологічних досліджень різних прісноводних м'якунів здійснено як у нас, так і за рубежом. Успіхи та досягнення сучасної малакотоксикології визначаються передусім як її тісними зв'язками з іншими природничими дисциплінами (зоологією, фізіологією, біохімією, гістологією, гістохімією, екологією та ін.), так і застосуванням, окрім суто токсикологічних, і багатьох інших методів дослідження (гістологічних, біохімічних, електронномікроскопічних, серологічних). Використання сукупності різноманітних методів дослідження дозволяє ставити й успішно вирішувати різні малакотоксикологічні проблеми, що сприяє становленню та розвитку цього нового напрямку водної токсикології. Важливу роль у цьому відіграло й те, що останнім часом значна частина гідробіологів, які працюють у галузі водної токсикології, зійшлася на доцільності уніфікації методів токсикологічних досліджень з тим, щоб отримані в різних лабораторіях матеріали були придатними для систематизування, порівняння, аналізу, узагальнення. Зараз найуживанішими методами малакотоксикологічних досліджень є такі, що запропоновані В.А.Алексєєвим [5] і Н.С.Строгановим [6]. Перший з них розрахований на короткотривалі, гострі досліди, другий, крім того, й на тривалі, хронічні експерименти. На жаль, численні відомості з малакотоксикології, зосереджені в науковій літературі, що датуються 40-70-ими роками нашого століття, виявляються непридатними для використання. Причина цього полягає в тому, що дослідники тих років нерідко припускалися істотних помилок у методиці постановки експериментів, через що отримані ними дані та зроблені з них висновки є некоректними. До того ж останні часто базувалися на спостереженнях над украй малими вибірками м'якунів. Якщо ж вибірки були репрезентативними, наслідки порівняння дії поллютантів на тварин контрольної та піддослідної групи робилися "на око", без застосування методів варіаційної статистики, що їх у значній мірі знецінює. Крім того, досліди були виключно лабораторними й до того ж такими, при котрих умови утримання тварин сильно відрізнялись від природних, що не враховувалося при ін-

терптуванні даних, отриманих в експерименті. Рідко коли при проведенні токсикологічних дослідів бралася до уваги можливість впливу на їх результати неспецифічних чинників різної природи, котрі, як тепер загально-відомо [7], неабияк впливають на рівень токсичності поллютантів і на здатність організмів протистояти дії токсичного чинника. Нарешті, численні роботи минулих років аж ніяк не доводиться брати до уваги ще й через те, що в них йдеться в основному лише про гострі, короткотривалі досліди, а їх, як відомо, недостатньо [8] для отримання вірогідних відомостей про ступінь токсичності поллютантів і про чутливість та витривалість щодо їх дії на м'якунів. Адже хід викликаного отруєнням патологічного процесу та його кінцевий результат у величезній мірі залежать не тільки від концентрації поллютанта, а й від тривалості його дії на біонтів. Чим довшим є час, впродовж якого тварини піддаються дії шкідливих речовин, тим тяжчий у них перебіг патологічного процесу, тим вищою є смертність особин. Саме через це останнім часом для оцінки токсичності поллютантів нерідко користуються таким показником, як час виживання (час, за який патологічний процес завершується загибеллю тварин).

Комплексне застосування сучасних методик дозволяє опрацювати методичну схему малакотоксикологічних досліджень з біологічного нормування речовин, шкідливих для населення природних водойм. Використання саме м'якунів для біотестування виправдовується тим, що чутливість їх до дії поллютантів значно нижча, а витривалість - набагато вища, ніж переважної більшості інших мешканців водного середовища. А це означає, що ГДК, розраховані на м'якунів, повинні "працювати" на інших гідробіонтів і поготові.

Відомо [9], що специфіка та згубна дія на тварин різних токсичних речовин визначається не тільки їх кількістю та якісними властивостями, але й гідрологічними та гідрохімічними характеристиками заселених м'якунами водойм. Отже, поллютанти впливають на цих тварин двома шляхами. Прямий, неопосередкований - це дія токсичних речовин на поведінкові, фізіологічні, біохімічні та біологічні процеси, що перебігають в організмі м'якунів, зрушуючи їх в той чи інший бік. Непрямий, опосередкований вплив поллютантів на цих тварин зумовлений змінами через забруднення середовища фізичних, фізико-хімічних і хімічних властивостей води. Саме через це проблема впливу поллютантів на м'якунів виявляється складною та багатогранною.

Для вирішення основного завдання малакотоксикології (див. вище) необхідним є дослідження симптомокомплексу отруєння м'якунів різними за своєю природою поллютантами (речовини локальної, нервовопаралітичної, наркотичної, комбінованої дії, цитоплазматичні, гемолітичні, ензиматичні отрути) та з'ясування його залежності від концентрації хімічного агента, тривалості його впливу на організм, фізіологічного стану піддослідних тварин. У м'якунів, підданих дії токсичних речовин, спостерігаються зрушення у роботі різних систем органів. Виявлення й дослідження уражень, викликаних дією на м'якунів різних токсичних речовин, динаміка їх розвитку в часі необхідні для з'ясування механізмів розвитку гострого, підгострого та хронічного патологічних процесів отруєння. Змінам підпадає, перш за все, рухова активність, в основі якої лежить [10] порушення нормальної функції гладких м'язів ноги. При невисокій концентрації поллютантів на початковому етапі процесу отруєння рухова активність тварин зростає, пізніше - сповільнюється. При цьому нога набрякає, збільшуючись у об'ємі в 1,5-2 рази, а незадовго до загибелі тварин стискається. Відтак її бічні краї з гладких, рівних стають хвилястими. Під дією поллютантів змінюються також ритм серцевих скорочень [11], різні показники процесу дихання [12], живлення та травлення [13], розмноження [8], виділення [10].

Із зовнішніх симптомів отруєння у м'якунів найчастіше спостерігається ослизнення тіла через посилення секреції шкірних одноклітинних залоз, руйнування та злущування епітелію шкіри аж до утворення виразок, розширення кровоносних судин, що супроводжується кровотечами різної інтенсивності, зміна забарвлення шкіри, широке розкривання усіх отворів (ротового, анального, видільного, статевих) і вивертання назовні через них початкових або кінцевих відділів відповідних систем органів.

Детальне дослідження симптоматики отруєння м'якунів вкрай необхідне для уніфікації симптомів при оцінюванні рівня шкідливості того чи іншого поллютанта. При цьому особливу увагу слід приділяти з'ясуванню ступеня їх специфічності для кожної конкретної інтоксикації, час від її початку до моменту реєстрації перших ознак отруєння та тривалості їх виявлення.

Патологічний процес, викликаний отруєнням тварин поллютантами, відзначається фазністю перебігу [8:14-16]. У ньому чітко розрізняються 5 фаз (наводимо їх у порядку наростання токсичного ефекту): байдужості, стимуляції, депресії, сублетальна, летальна.

Досі не з'ясовано особливостей перебігу захворювань м'якунів, споводованих отруєнням їх різними групами токсичних речовин, застосованих у кількох різних концентраціях і при різній тривалості експозиції. Це дуже важливо, тому що при невисоких концентраціях поллютантів хід патологічного процесу не п'ятифазний, а двофазний, оскільки на фазі стимуляції цілком можлива акліматія організмів [17] до нових умов середовища через активацію відповідних компенсуючих механізмів, у тому числі через підвищення рівня загального обміну речовин і підтримання його на стабільному рівні, оптимальному для цих умов, або через часткове чи повне "перемикання" [18] аеробного шляху розщеплення універсального енергетичного субстрату (глікогену) на анаеробний (гліколіз). При високих концентраціях токсикантів фаза байдужості звичайно випадає. Цілком можливо, що вона дуже нетривала і через це не вловлюється дослідниками. Фаза стимуляції випадає також, якщо ж вона є, то дуже короткотривала. За цих умов у ході патологічного процесу переважають три останні його фази, котрі досить швидко змінюються одна одною.

Фаза депресії відзначається пригніченням усіх життєвих функцій тварин. При достатній витривалості особин на цьому етапі патологічного процесу можливим є встановлення гомеостазу та одужання м'якунів. При певній же концентрації поллютанта в організмі (у здорових тварин - при одній, у ослаблених хворобами, паразитами та ін. - при іншій) настає момент, коли вибувають з ладу компенсаторні механізми, що веде до пригнічен-

ня захисно-приспосувальних здатностей тварин і до розвитку у них завершальних фаз процесу отруєння - сублетальної та летальної.

Досі лишається не опрацьованим і питання зворотності токсичних процесів у м'якунів на рівні клітин, тканин, органів, систем органів і цілісного організму. Розв'язання його неможливе без дослідження віддалених наслідків перенесеного тваринами отруєння. Адже відомо [9], що навіть тоді, коли разова або хронічна інтоксикація зворотні, вони все ж залишають в організмі цих тварин слідовий ефект, який посилює [16] ембріотоксичну, мутагенну, канцерогенну дію повторного отруєння. Найбільш тривала післядія спостерігається при отруєнні гідробіонтів речовинами органічного походження (феноли, пестициди, гербіциди та ін.).

Необхідно наголосити ще на тому, що зараз майже нічого не відомо про детоксикацію сторонніх речовин, які надходять із забрудненого середовища в організм м'якунів. Вимагає подальших експериментальних досліджень і проблема впливу абіотичних чинників навколишнього середовища на токсичність для них різних груп політантів і витривалість до їх дії цих тварин. При зміні умов, що виходять за фізіологічно-адаптивні межі, це потужне фізіологічне навантаження, при якому діяльність компенсаторних систем організму стає неефективною, що викликає порушення механізмів саморегуляції, а останнє призводить до розбалансування роботи взаємопов'язаних органів та їх систем.

При проведенні токсикологічних досліджень зазвичай не бралось до уваги те, що м'якуни дуже часто виступають як проміжні живителі трематод. Отже, призначений для дослідів матеріал неодмінно потребує попереднього паразитологічного обстеження на предмет прижиттєвого виявлення у них розповсюджувальних личинок трематод - церкарій. Інакше результати дослідів будуть некоректними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Короленко П.М., Федорова Л.С., Гвоздарев А.Ю., Морозова Е.В., Цема Н.И., Якунина О.В., Предеина Л.М. Проблема создания единой системы биологического анализа природных и сточных вод (Теория и практика) // Гидрохимические материалы. - Л.: Гидрометеиздат, 1981. - Т. 82. - С. 34-50.
2. Строганов Н.С. Научные основы установления ПДК токсических веществ в открытых водоемах (биологический аспект) // Биол. науки. - 1974. - №1. - С. 110-121.
3. Мошковский Ш.Д. Исследование по количественной химиотерапии. Сообщение I. Основные принципы количественного изучения химиотерапевтических препаратов // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. - М.: АМН СССР, 1936. - Т. 5, вып. 5. - С. 70-73.
4. Метелев В.В., Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. Водная токсикология. - М.: Колос, 1971. - 247 с.
5. Алексеев В.А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журн. - 1981. - Т. 17, №3. - С. 92-100.
6. Строганов Н.С., Колесова Л.В. Изучение токсичности водной среды на брюхоногих моллюсков // Методики биологических исследований по водной токсикологии. - М.: Наука, 1971. - С. 216-218.
7. Лукьяненко В.И. Токсикология рыб. - М.: Пищевая промышленность, 1967. - 216 с.
8. Строганов Н.С., Пожитков А.Т. Действие сточных промышленных вод на водные организмы (новые пути решения проблемы). - М.: Изд-во МГУ, 1941. - 88 с.
9. Биргер Т.И. Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. - Киев: Наукова думка, 1979. - 190 с.
10. Коштоянц Х.С. Влияние колебания количества воды на физиологические свойства гладкой мускулатуры моллюсков // Архив биологических наук. - 1937. - Т. 45. - С. 100-106.
11. Стадниченко А.П., Анистратенко В.В., Грабинская О.В., Мартынюк О.В., Мирошниченко О.А., Олейник Н.Г., Фасоля О.И. Зараженность перловицевых (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) партенитами *Vucерhalus polymorphus* (Trematoda) и воздействие паразитов на ритм сердечной деятельности хозяев // Паразитология. - 1994. - Т. 28, вып. 2. - С. 124-130.
12. Стадниченко А.П., Слостенко Н.Н., Гузенко О.В., Свительский Н.М., Сычевский А.С. Влияние трематодной инвазии и азотнокислого свинца на легочное и кожное дыхание *Lymnaea stagnalis* (Mollusca, Lymnaeidae) // Паразитология. - 1966. - Т. 30, вып. 1. - С. 76-80.
13. Стадниченко А.П., Коцюк Р.В. Влияние различных концентраций поверхностно-активных веществ на величину суточных рационов и продолжительность прохождения пищи у *Lymnaea stagnalis*, инвазированного партенитами *Echinostoma revolutum* // Паразитология. - 1990. - Т. 24, вып. 6. - С. 528-532.
14. Веселов Е.А. Основные фазы действия токсических веществ на организмы / Тезисы докладов Всесоюз. науч. конф. по вопросам водной токсикологии. - М.: Наука, 1968. - С. 15-16.
15. Алексеев В.А. Патология поведения, функциональная и морфологическая патология у водных беспозвоночных при интоксикации // Формирование и контроль качества поверхностных вод. - Киев: Наукова думка, 1975. - Вып. 1. - С. 141-148.
16. Врочинский К.К., Щербаков Ю.А. Оценка действия веществ на водные организмы с учетом фазности токсичности // Там же. - С. 5-15.
17. Хлебович В.В. Аклимация животных организмов. - Л.: Наука, 1986. - 136 с.
18. Биргер Т.И., Маляревская А.Я. О некоторых биохимических механизмах резистентности водных беспозвоночных к токсическим веществам // Гидробиол. журн. - 1977. - Т. 13, №6. - С. 69-73.

Стадниченко Агнеса Полікарпівна -
доктор біологічних наук, професор, завідувачка кафедрою зоології
Житомирського державного педагогічного інституту ім. І. Франка.

Наукові інтереси:

- зоологія (малакологія);
- паразитологія;
- екологія (гідробіологія).