

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ РОЗВЕДЕННЯ І ГЕНЕТИКИ ТВАРИН
ІМЕНІ М. В. ЗУБЦЯ
ТЕРНОПІЛЬСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ
ІНСТИТУТУ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ

О. М. Жукорський, Є. М. Кривохижа, Н. П. Болтик

**ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНЕ
БІОТЕСТУВАННЯ ЗАСОБІВ
ДЛЯ МИТТЯ ТА ДЕЗІНФЕКЦІЇ
МОЛОЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Монографія

Київ
Видавництво Ліра-К
2023

УДК 504.054:504.064.2.001.18:614.484

Ж86

Затверджено до друку:

Вченою радою Інституту розведення і генетики тварин

імені М.В.Зубця

(протокол № 5 від 13 червня 2023 р.)

Науково-технічною радою Тернопільської дослідної станції Інституту

ветеринарної медицини НААН

(протокол № 4 від 16 червня 2023 р.)

Рецензенти:

Мандигра М.С., академік НААН, доктор ветеринарних наук, професор, Національна академія аграрних наук України

Гулай О.В., доктор біологічних наук, професор, Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка

Жукорський О.М., Кривохожа Є.М., Болтик Н.П.

Ж86 Екотоксикологічне біотестування засобів для миття та дезінфекції молочного обладнання : монографія. Київ : Видавництво Ліра-К, 2023. 176 с.

ISBN 978-617-520-724-6

В монографії висвітлено матеріали досліджень, щодо впливу засобів для миття та дезінфекції молочного обладнання і стічних вод доїльних залів на тест-організми, розроблення критеріїв оцінки показників життєздатності біоти за дії сануючих засобів та екологічного обґрунтування створення сучасних безпечних мийно-дезінфікуючих засобів для санації молочного обладнання тваринницьких ферм.

Розраховано на науковців, викладачів вищих навчальних закладів, аспірантів, магістрів, студентів, спеціалістів з екології та тваринництва.

УДК 504.054:504.064.2.001.18:614.484

ISBN 978-617-520-724-6

© Жукорський О.М., Кривохожа Є.М.,
Болтик Н.П., 2023

© Видавництво Ліра-К, 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
Розділ 1. ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ МИЙНИХ ТА ДЕЗІНФІКУЮЧИХ ЗАСОБІВ МОЛОЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЇХ ВІДПРАЦЬОВАНИХ РОЗЧИНІВ	10
Розділ 2. ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ТЕСТ-ОРГАНІЗМІВ ЗА ВПЛИВУ МИЙНО-ДЕЗІНФІКУЮЧИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОБЛАДНАННЯ У МОЛОЧНІЙ ГАЛУЗІ	58
Розділ 3. ЕКОЛОГІЧНЕ ОБІРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ МИЙНО-ДЕЗІНФІКУЮЧИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ МОЛОЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	71
Розділ 4. ОЦІНЮВАННЯ ТОКСИЧНОСТІ СТИЧНИХ ВОД МОЛОЧНИХ БЛОКІВ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ ТА РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ	113
ЗАКЛЮЧЕННЯ	136
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	143
ЛІТЕРАТУРА	145

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- LD₅₀** – середньосмертельна доза
БГКП – бактерії групи кишкових паличок
БСК – біохімічне споживання кисню
ДСТУ – державний стандарт України
ЄС – Європейський Союз
КМАФАнМ – кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів
КУО – колонієутворюючі одиниці
МДЗ – мийно-дезінфікуючий засіб
МЗ – мийний засіб
МПА – м'ясо-пептонний агар
МПБ – м'ясо-пептонний бульйон
М. ч. – мікробне число
НААН – Національна академія аграрних наук
НПС – навколишнє природне середовище
ОСГ – особисті селянські господарства
ПАР – поверхнево активна речовина
ТзОВ – товариство з обмеженою відповідальністю
ТПФН – триполіфосфат натрію
ХОС – хлорорганічні сполуки
ХСК – хімічне споживання кисню
ЧАС – четвертинні амонієві сполуки
М – середнє арифметичне
m – похибка середнього арифметичного
n – число ступенів свободи
pH – водневий показник (показує міру активності іонів водню (H⁺) в розчині)

ВСТУП

Проблема виробництва і застосування мийних і дезінфікуючих засобів має низку різнобічних наслідків для навколишнього природного середовища та суспільства. Використання цих засобів далеко не завжди є достатньо обґрунтованим, виправданим і раціональним, а питаннями біологічної та екологічної безпеки часто нехтують або висвітлюють їх поверхово [1].

На тваринницьких фермах для приведення у належний санітарний стан молочного обладнання використовують значну кількість засобів, що містять сполуки активного хлору (гіпохлорит натрію, похідні хлорізоціанурової кислоти, хлораміни, хлоргідантоїни) [2, 3]. Вони мають різкий, стійкий неприємний запах і подразнювальну дію, а також аніонні поверхнево активні речовини які можуть тривалий час зберігатися у об'єктах навколишнього природного середовища і забруднювати води господарсько-побутового призначення, природні водойми, зрештою, поверхневі та ґрунтові води. Поряд з цим, хлоровмісні засоби проявляють недостатню бактерицидну дію щодо деяких бактерій, екологічно небезпечні та агресивні до окремих елементів обладнання.

За надходження у навколишнє природне середовище хлорвмісних речовин і виділення при цьому активного хлору утворюються діоксинподібні сполуки (ДПС), які мають канцерогенні, мутагенні та тератогенні властивості. ДПС нерозчинні у воді і потрапивши у водойми, вони осідають у мулі, ґрунті та накопичуються у тканинах гідробіонтів, де їхня концентрація в десятки і сотні тисяч разів вища, ніж у воді. Особливістю діоксиноподібних сполук є їхня здатність до біокумуляції. Вони хімічно стійкі, оскільки час їхнього напіврозпаду у природі дуже довгий: від 29 до 139 років залежно від типу сполуки. Перенесення діоксиноподібних сполук ланцюгами харчування призводить до їхньої концентрації в організмах риб, ссавців і людини, що є життєво небезпечним.

Залишки гіпохлориту натрію на внутрішніх поверхнях доїльно-молочного обладнання, за недостатнього ополіскування водою після проведення санітарної обробки, під час доїння змиваються молоком, що призводить до утворення у ньому трихлорметану (ТХМ). Молоко, що містить ТХМ, своєю чергою, буде джерелом забруднення високожирних молочних продуктів, зокрема масла, оскільки вказана сполука зв'язується з жировою фазою молока. Міжнародне агентство з досліджень захворювань на рак свідчить, що ТХМ може бути канцерогенним для організму людини, тому його включено до переліку канцерогенів групи 2В. Засоби для санітарної обробки доїльного обладнання також містять аніонні поверхнево-активні речовини, високі концентрації конденсованих поліфосфатів (триполіфосфат натрію, гексаметафосфат натрію), які використовуються для пом'якшення твердості води і покращення мийної дії. Попадання цих речовин у водойми сприяє інтенсивному росту водоростей та викликає порушення природних біоценозів.

У Європейському Союзі впроваджено багато змін щодо обмеження шкідливого впливу побутових хімічних продуктів, зокрема, заборонено реалізувати на ринку засоби, які містять поверхнево-активні речовини, біорозпад яких нижчий 80%. Однак проблема нешкідливості даних речовин до кінця не розв'язана. У науковій літературі відсутні дані щодо екотоксикологічного біотестування засобів для санації молочного обладнання.

У більшості випадків біотестування окремих об'єктів НПС, які забруднені викидами хімічних діючих речовин відпрацьованих мийних засобів проводять за допомогою риб (гуппі), ракоподібних (дафнії, церіодафнії), водоростей (хлорела, сценедесмус), найпростіших (інфузорії різних видів) і бактерій (*Pseudomonas putida*, *Photobacterium phosphoreum* тощо). Також для токсикологічних досліджень хімічних речовин використовують теплокровних тварин (щурів (*Wistar*), мишей (*Mus*) та ін.).

Методи біотестування мають наступні позитивні характеристики: швидкість проведення; доступність і простота здійснення експериментів; відтворюваність і достовірність отриманих ре-

зультатів; економічність (у матеріальному відношенні і за трудовитратами); об'єктивність отриманих даних.

До недоліків методів біотестування відносяться довга тривалість і складність відтворення дослідів. Результати досліджень також не дають закономірностей динаміки забруднення.

За виробництва молока на тваринницьких фермах і комплексах утворюється великий обсяг стоків доїльних залів, які містять значну кількість хімічних речовин і є екологічно небезпечним джерелом забруднення водних і ґрунтових ресурсів. Стічні води молочного блоку тваринницьких ферм містять природні виділення тварин, які забруднені діючими речовинами відпрацьованих мийних і дезінфікуючих засобів. Хімічний склад і обсяг стічних вод на молочних фермах залежать від об'єму води, яка використовується для миття, виду та кількості мийних засобів, а також типу і розміру доїльних систем. Найбільша кількість стічних вод утворюється за переробки молочних продуктів.

У молочно-товарному комплексі потужністю 10 тис. корів виробляються на добу 200 т молока. При цьому утворюється велика кількість стічних вод. Після миття та дезінфекції молочного обладнання на одну лактуючу корову за добу утворюється близько 20–70 літрів стічних вод. Протягом доби на 10 тис. корів утворюється, у середньому від 200 до 700 тис. літрів стічних вод. Відповідно за рік – від 73 до 255,5 млн літрів стоків.

Очистку стічних вод у молочній галузі проводять із застосуванням механічних, хімічних, фізико-хімічних, біологічних та комбінованих (поєднання різних методів очищення) методів. З'ясовано, що поряд із позитивними характеристиками методів очистки стічних вод існує і низка недоліків, а саме: значні витрати, як стартові так і під час експлуатації, великі розміри очистних споруд та недостатній ступінь очищення. Найбільш оптимальними методами очищення стічних вод у молочній галузі є механічне і фізико-хімічне очищення.

Сучасні ефективні методи очистки стічних вод повинні відповідати таким вимогам: проводитися швидко, з незначними тру-

довитратами і у спорудах для очищення, які займають невелику площу, забезпечувати очищення від забруднюючих речовин згідно нормативів, бути простими в обслуговуванні, доступними та з низькими економічними витратами.

Ефективні методи очистки стічних вод є дорогими і не завжди доступними підприємствам з виробництва та переробки молока. Велика кількість підприємств використовують застарілі очисні споруди. Для удосконалення і впровадження передових методів необхідною є фінансова підтримка держави.

Більше половини (58%) фермерів зливають стічні води в окремі відстійники. З яких ці стоки періодично вивозяться автоцистернами до найближчої очисної споруди. Однак таке рішення утилізації стічних вод має певні недоліки. Це витрати, які залежать від необхідної кількості вивезень цих стоків та відстані до відповідної очисної споруди. Не кожна очисна споруда здатна прийняти такі стічні води у зв'язку з: відсутністю зливальної станції, надходженням великих обсягів протягом доби і відповідністю технології, яка використовується для очищення. У наслідок чого ці стічні води часто потрапляють у ґрунт і ґрунтові води шляхом прямої інфільтрації через щілини у відстійнику або безпосередньо вивозяться і виливаються на пасовища, рідше орні землі або інші випадкові місця. Близько 17% фермерів зливають стічні води молочних блоків у відстійники з гноївкою і пізніше використовують їх для удобрення на полях. Близько 16% фермерів зливають їх у відстійник для побутових стічних вод, 6% – у ґрунт і тільки 3% проводять очистку у локальній системі очищення стоків.

Аналіз відомих методів і засобів показав, що вони не забезпечують необхідних вимог щодо очищення стічних вод на молочно-товарних фермах. Стічні води тваринницьких ферм використовують для удобрення пасовищ. Також існують елементи технологій використання стічних вод як добриво при вирощуванні цукрових буряків, помідорів, огірків, шпинату, капусти тощо. Однак за таких обставин можливе потраплення шкідливих хімічних речовин стоків у харчові ланцюги, а це може призвести до потен-

ційної небезпеки. З огляду на це розроблення технології утилізації стічних вод молочно-товарних ферм при вирощуванні агрокультур для технічних цілей є важливим та перспективним завданням.

Дотепер проблема екологічно безпечної санації обладнання у виробництві молока залишається не розв'язаною. У науковій літературі відсутні методичні підходи і критерії для екотоксикологічної оцінки відпрацьованих розчинів засобів для санації молочного обладнання. З огляду на це теоретичне та експериментальне обґрунтування екотоксикологічного біотестування засобів для санації молочного обладнання є актуальною проблемою.

Розділ 1

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ МИЙНИХ ТА ДЕЗІНФІКУЮЧИХ ЗАСОБІВ МОЛОЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЇХ ВІДПРАЦЬОВАНИХ РОЗЧИНІВ

У ХХ столітті у зв'язку з широким використанням хімічних речовин практично у всіх сферах людської діяльності, включаючи сільське господарство, виникла необхідність вирішення складних проблем токсичного впливу речовин на людину, інші живі організми, екосистеми у цілому. Відповідно до Програми Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) основними завданнями розвитку у ХХІ столітті відносяться забезпечення хімічної безпеки і попередження шкідливого впливу потенційно небезпечних хімічних речовин на здоров'я людей [4].

Токсичні елементи і речовини – найнебезпечніший вид забруднення НПС з недослідженими до кінця віддаленими наслідками для живих систем і людини [5].

Екотоксикологія – це новий науковий напрям, який покликаний забезпечити науку ключовими знаннями про закони антропогенних перетворень природи, які дозволять в майбутньому вирішити протиріччя, з одного боку – між технічним прогресом людства і необхідністю забезпечення його продукцією, та з іншого боку – збереження безпечних умов існування [6].

Термін «екотоксикологія» (екологія+токсикологія), запропонований Рене Трахаутом (R. Thruhaut) у 1969 році. Цей термін точно відображає стан знань щодо вивчення впливу сучасних хімічних сполук у НПС на екосистеми, а також на окремі види рослин, тварин і мікробні співтовариства [7].

Екологічна токсикологія належить до природничих наук, ґрунтується на використанні сучасних медико-біологічних знань, тех-

нологічних дисциплін, інших сфер, корисних для профілактики та протидії шкідливому впливу токсичних речовин на людину й екосистеми. Екотоксикологія вивчає джерела надходження шкідливих речовин у навколишнє середовище, їхнє розповсюдження і вплив на живі організми, функціонування й стійкість біологічних систем в умовах їхнього токсичного забруднення [8, 9, 10].

Екотоксикологічні дослідження спрямовані на вивчення міграції ксенобіотиків (чужорідних для живих організмів сполук, які не вступають в пластичний і енергетичний обмін у клітині) в екологічних системах, механізмів включення їх у природні цикли, а також наслідків зміни природних потоків речовин в біосфері – порушення екологічної рівноваги і трансформації елементів біосфери, зниження біорізноманіття, ризику щодо здоров'я людини [11].

Основними методами екотоксикології слід вважати біоіндикацію і біотестування [12, 13], а також моніторинг стану здоров'я людини. Важливе значення належить методам із вивчення механізмів токсичної дії, оцінка співвідношення «доза-ефект», визначення токсикантів у об'єктах НПС, живих організмах тощо [14].

Біоіндикація полягає в оцінці якості середовища проживання і його окремих характеристик за станом його біоти в природних умовах (виявлення наявності в компонентах НПС будь-яких забруднюючих речовин). Можливості біоіндикаторів можуть служити важливим доповненням до фізичних і хімічних методів вимірювань [15]. Біологічні об'єкти тваринного або рослинного походження називаються індикаторами. Фактори впливу або різні забруднювачі – індикатами. Слово біоіндикація утворено від грецького *bios* – життя і латинського *indicare* – вказувати. Під біологічними об'єктами розуміються будь-які біологічні системи на різних рівнях організації живої матерії (молекули органічних речовин, клітини, тканини, органи, організми, популяції, види, угруповання, співтовариства організмів), з включенням за необхідності біогеоценозів, ґрунтів і ландшафтів. При цьому з метою біоіндикації використовуються генетичні, біохімічні та фізіологічні порушення хромосом, біомембран, органел, обміну речовин

(білків і амінокислот, вуглеводів, включаючи фотосинтез; ліпідів, мінерального та енергетичного обміну); активності ферментів і гормонів; морфологічні, анатомічні, біоритмічні і поведінкові відхилення; флористичні, фауністичні, популяційно-динамічні, біогеоценотичні і ландшафтні зміни [16].

Біоіндикаторами вибирають найбільш чутливі до досліджуваних факторів біологічні системи або організми. Зміни в поведінці тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями, які прийняті за еталон. Зазвичай в якості біоіндикаторів використовуються: тварини, мікроорганізми і рослини [17].

Реакція біоіндикаторів на появу забруднень у НПС може бути різною. Тому їх поділено на дві групи. До першої групи належать організми, які з'являються у середовищі, що забруднене певною речовиною (характерні для цього забруднення). У другу групу входять види, які чутливі до забруднюючих чинників. Ці види природньо знаходяться на зазначених територіях, але в присутності даної токсичної речовини зникають з місця існування [18].

Живі біоіндикатори мають ряд переваг перед хімічними методами оцінки стану НПС та широко використовуються у даний час: вони підсумовують всі без винятку біологічно важливі дані про НПС і відображають його стан в цілому; в умовах хронічного антропогенного навантаження біоіндикатори можуть реагувати на дуже слабкі впливи в силу акумуляції дози; виключають необхідність реєстрації фізичних і хімічних параметрів середовища; роблять необов'язковим застосування дорогих і трудомістких фізичних і хімічних методів для вимірювання біологічних параметрів (живі організми постійно присутні в НПС і реагують на короточасні та залпові викиди токсикантів, які можна не зареєструвати за допомогою автоматичної системи контролю з періодичним відбором проб на аналізи); фіксують швидкість змін, які відбуваються у НПС; вказують шляхи і місця накопичення різного роду забруднень у екологічних системах і можливі шляхи потрапляння цих речовин в їжу людини; дозволяють судити про ступінь шкідливості синтезованих людиною речовин для природи і лю-