

технологій у теплоенергетику. Це дасть змогу забезпечити економію свіжої води та зменшити скиди стічних і технічних вод у природні водні об'єкти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Водокористування в промисловому секторі: проблеми, пріоритети та альтернативи. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/6_2008/14.pdf.
2. А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін // Екологічні основи управління водними ресурсами. Навчальний посібник. 2017. 200 с. URL: <https://dea.edu.ua/img/source/Book/4.pdf>.

СТІЙКІСТЬ ДО ПРОТИМІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНА ЗАГРОЗА: ФАРМАЦЕВТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА МІЖНАРОДНІ ПІДХОДИ

Д.О. Лермонтов¹, Т.Б. Новожилова²

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна

¹ студент 2 курсу спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища»,

Daniil.Liermontov@mit.khpi.edu.ua

²доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології,

Tetiana.Novozhylova@khpi.edu.ua

Протимікробні препарати – включаючи антибіотики, противірусні, протигрибкові та протипаразитарні засоби – використовуються для профілактики та лікування інфекційних захворювань у людей, тварин і рослин. Антимікробна резистентність (АМР) виникає, коли бактерії, віруси, гриби та паразити перестають реагувати на протимікробні препарати. Унаслідок цього ліки, включаючи антибіотики, втрачають свою ефективність, а інфекції стають складними або неможливими для лікування, що підвищує ризик поширення захворювань та тяжкого перебігу хвороби. АМР – це природний процес, що відбувається з часом через генетичні зміни в патогенах. Однак його виникнення та поширення прискорюються діяльністю людини, головним чином надмірним і неправильним використанням протимікробних препаратів.

Протимікробні препарати – основа сучасної медицини. Поява та поширення лікарсько-стійких патогенів загрожує здатності медицини ефективно лікувати поширені інфекції та виконувати життєво важливі процедури, включаючи хіміотерапію, кесарів розтин, ендопротезування тазостегнового суглоба, трансплантацію органів та багато інших.

Крім того, лікарсько-стійкі інфекції завдають шкоди здоров'ю тварин і рослин, знижують продуктивність сільськогосподарства та загрожують продовольчій безпеці.

АМР має значний вплив як на системи охорони здоров'я, так і на економіку в цілому. Наприклад, вона вимагає більш дорогого та інтенсивного лікування, знижує працездатність пацієнтів та їхніх близьких через тривалі госпіталізації, а також шкодить сільськогосподарському виробництву. За оцінками Світового банку, антимікробна резистентність може призвести до додаткових витрат на охорону здоров'я в розмірі 1 трильйона доларів США до 2050 року, а також до щорічних втрат валового внутрішнього продукту у розмірі від 1 до 3,4 трильйона доларів уже до 2030 року.

АМР усе частіше розглядається як наслідок не лише медичного та аграрного втручання, але й серйозного впливу на навколишнє середовище. Одним із ключових факторів є забруднення водою стічними водами від фармацевтичних виробництв, що містять високі концентрації антибіотиків. Такі скиди створюють умови, за яких стійкі мікроорганізми не лише виживають, але й активно поширюються в екосистемах.

Споживачам часто не надається інформація про правильну утилізацію антибіотиків, що призводить до їх неправильного видалення – через каналізацію або з побутовими відходами. Така практика становить додаткову загрозу, оскільки активні речовини зберігають фармакологічну активність, потрапляючи в навколишнє середовище та здійснюючи тривалий селективний тиск на мікробіоту.

Недостатня ефективність очищення стічних вод, як у сільській, так і в міській інфраструктурі ще більше погіршує ситуацію. При цьому стійкі мікроорганізми та залишки антибіотиків продовжують циркулювати в навколишньому середовищі, потрапляючи у водні об'єкти, ґрунт і навіть у повітря при аерозольному поширенні.

У відповідь на зростаючу загрозу стійкості до протимікробних препаратів Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) у вересні 2024 року представила «Керівництво з управління стічними водами та твердими відходами при виробництві антибіотиків». Це перший у своєму роді документ, у якому сформульовані науково обґрунтовані орієнтири для зниження ризику поширення АМР через промислове забруднення. Керівництво поширюється на всі стадії виробництва – від синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів до їх пакування.

Зокрема, в документі введено два рівні оцінки – «базовий» і «суворий» (Good і Stringent) – що дозволяє адаптувати заходи під різні умови та ресурси. Визначено ключові екологічні показники безпеки: прогнозована концентрація без ефекту для резистентності (PNECres) і для водного середовища (PNECeso). Підкреслюється необхідність включення цих стандартів у регулюючі, ринкові та закупівельні механізми, включаючи тендерні процедури, сторонній аудит і програми відшкодування. Як обов'язкові рекомендації вказуються сучасні технології очищення з ефективністю видалення антибіотиків не менше 99 %, особливо для відходів з високим навантаженням активних речовин (наприклад, після ферментації). Документ наголошує на важливості публічної прозорості, внутрішнього і зовнішнього аудиту, а також міжгалузевої взаємодії, з урахуванням принципів справедливості, доступності та стійкості до виробничих обмежень.

Варто зазначити, що представлені рекомендації ВООЗ не є першою спробою врегулювати екологічні наслідки фармацевтичного виробництва. Так, ще у 2022 році AMR Industry Alliance спільно з Британським інститутом стандартів (BSI) розробили добровільний стандарт, що зобов'язує виробників антибіотиків впроваджувати ефективні системи екологічного менеджменту й очищення стічних вод для мінімізації викидів активних фармацевтичних інгредієнтів. А вже у 2023 році була створена система верифікації, також під егідою BSI, яка передбачає видачу сертифікатів виробникам, що відповідають цьому стандарту. Ці заходи підсилюють практичну значущість добровільного дотримання екологічних норм і сприяють поширенню кращих практик у галузі.

Крім керівництва ВООЗ екологічні аспекти антимікробної резистентності активно розглядаються в документах Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП). У 2023 році ЮНЕП опублікувала звіт «Готовність до супербактерій: посилення екологічних дій у межах підходу «Єдине здоров'я» у відповідь на антимікробну резистентність», в якому наголошується на необхідності посилення екологічних заходів у межах підходу «Єдине здоров'я» для боротьби з АМР. Документ аналізує ключові сектори економіки – фармацевтику, сільське господарство та охорону здоров'я – які сприяють розвитку і поширенню АМР у довкіллі, та пропонує рішення для запобігання і реагування на цю проблему.

Крім того, антимікробна резистентність включена до Порядку денного сталого розвитку до 2030 року. У 2020 році до системи моніторингу «Цілей сталого розвитку» було додано два нових індикатори АМР, пов'язані із завданням 3.d, спрямованим на зміцнення потенціалу всіх країн у сфері раннього попередження, зниження ризиків і управління національними та глобальними загрозами здоров'ю.

Стійкість до протимікробних препаратів – це не лише медичний, але й екологічний виклик. Для України, з її розвиненим фармацевтичним сектором, надзвичайно важливо адаптувати міжнародні підходи та стандарти управління відходами, зокрема рекомендації

ВООЗ, з метою інтеграції екологічних вимог до національної політики охорони здоров'я і довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Всесвітня організація охорони здоров'я. Guidance on Wastewater and Solid Waste Management for Manufacturing of Antibiotics [Електронний ресурс] / Всесвітня організація охорони здоров'я. – 2024. – Режим доступу: <https://iris.who.int/handle/10665/378471>
2. Програма ООН з навколишнього середовища. Bracing for Superbugs: Strengthening Environmental Action in the One Health Response to Antimicrobial Resistance [Електронний ресурс] / Програма ООН з навколишнього середовища. – 2023. <https://www.unep.org/resources/superbugs/environmental-action>

ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВРОЖАЮ ЛЮЦЕРНИ ПРИ ЗРОШЕННІ СТІЧНИМИ ВОДАМИ

В.О. Турченко¹, С.М. Козішкурт²

Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна,

¹професор, v.o.turchenuk@nuwm.edu.ua

²доцент, s.m.kozishkurt@nuwm.edu.ua

У контексті зростаючого дефіциту прісної води та актуальності сталого розвитку сільського господарства, використання альтернативних джерел для зрошення набуває особливої ваги. Одним із таких ресурсів є очищені стічні води, які не лише забезпечують потребу у волозі, а й містять значну кількість поживних речовин, потенційно зменшуючи потребу в мінеральних добривах. Такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки й органічного землеробства.

Люцерна посівна (*Medicago sativa* L.) є важливою багаторічною кормовою культурою, що широко використовується у тваринництві. Оцінка впливу зрошення стічними водами на її продуктивність і якість є важливим етапом розробки екологічно безпечних і ресурсозберігаючих технологій.

Мета дослідження – визначити вплив зрошення стічними водами різного ступеня розбавлення на врожайність та якісні характеристики люцерни з урахуванням перспективи їх використання в органічних технологіях.

Дослідження проводилися в умовах Херсонської області. Об'єктом дослідження були стічні води з курортної зони села Залізний Порт, які проходили попереднє очищення та знезараження на спорудах «Еліон». Після обробки стічна вода містила підвищену концентрацію іонів хлору, магнію і натрію та загальну мінералізацію до 2 г/л.

Програмою досліджень передбачалося вивчення врожайності та кормової цінності люцерни за різних режимів зрошення. Було закладено п'ять варіантів досліду:

- полив стічною нерозбавленою водою,
- полив стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:1,
- полив стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:2,
- полив прісною водою (контроль 1),
- без поливу (контроль 2).

Врожайність люцерни оцінювали за третім укосом. За варіантами досліду врожайність люцерни при третьому укосі була такою:

- при поливі стічною нерозбавленою водою – 240 ц/га;
- при поливі стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:1 – 230 ц/га;