

ДЕЗИНВАЗІЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СТОКІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОЧАСТОК МЕТАЛІВ

У статті наведено спосіб застосування екологічно безпечної технології на основі наночасток біоцидних металів для знезараження стічних вод, які містять збудників аскаридозу свиней.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень

Погіршення екологічного стану довкілля протягом останніх десятиріч вкрай негативно відображається на якості води у поверхневих водних об'єктах, які є джерелом питного водозабезпечення. Окрім погіршення якості води за фізичними, хімічними та іншими показниками, у водних об'єктах збільшився вміст збудників паразитарних хвороб людини та домашніх тварин.

Не лише у стічних та каналізаційних водах, а й у річках, озерах та ставках виявляють паразитів з різних біологічних таксонів, у тому числі яйця 15-и видів гельмінтів. Їх концентрація може коливатися у межах від 1 до 500 яєць на літр води, залежно від зараженості гельмінтозами населення та тварин. Частина яєць осідає на дно водойм та замулюється, звідки може потрапити або знову у воду, або в нових хазяїв [1, 2, 3].

Як зарубіжні, так і вітчизняні паразитологи повідомляють про забруднення яйцями різних видів гельмінтів та цистами найпростіших стічних та каналізаційних вод. На території України цим питанням

займались Данько О.П. (1984), Локтева І.М. (1998) та ін. [цит. за:1]. За деякими даними, в одному літрі міських каналізаційних вод виявляють до 5–6 тисяч яєць гельмінтів. Навіть після камери гниття яйця аскарид виявляють у 38 %, а ціп'яків у 99 % проб [1].

Надвисока плодючість гельмінтів (самка *Ascaris suum* (Goeze, 1782) продукує за добу близько 200 тис. яєць, *Ascaris lumbricoides* (Linnaeus, 1758) – до 230 тис. яєць, а *Ascaridia galli* (Schrank, 1788.) Freeborn, 1923 – близько 140 тис.) [4, 5] та їхня стійкість до несприятливих умов середовища створюють особливий вид екологічних проблем – проблему паразитарного забруднення довкілля. Особливу увагу у цьому відношенні привертають яйця та личинки нематод із родини Ascaridiidae, які відносяться до групи високостійких (яйця *A. lumbricoides* зберігають життєздатність у зовнішньому середовищі до 7-и років, а в розчині формаліну – до 4-х). Тому знешкодження інвазійних стадій паразитів (дезінвазія) є важливою ланкою в серії заходів із запобігання поширенню паразитарних хвороб.

Існує декілька способів дегельмінтизації осаду каналізаційних стоків: підсушування на мулових площадках [6]; штучне зневоднення осаду з роздільною дезінвазією рідкої та твердої фракцій із застосуванням 0,2–2,0 % розчину тіазону [7]; термофільне бродіння [8] тощо. Проте, наведені способи знезараження не знайшли широкого застосування у практиці через складність застосування, низьку рентабельність та недостатню ефективність. Тому, проблема дезінвазії каналізаційних та стічних вод і нині лишається актуальною у багатьох країнах світу.

У 80-х роках минулого сторіччя був запропонований спосіб знезараження каналізаційних стоків дією на них високовольтним імпульсним електричним полем. Для підвищення ефективності процесу стічні води додатково піддавали ультразвуковій обробці в діапазоні частот 12–25 кГц при одночасній дії високовольтного імпульсного електричного поля, створюваного імпульсом напруги з амплітудою $(1,5–2,5) \cdot 10^3$ В, швидкістю наростання напруги $2 \cdot 10^5$ кВ/мкс та інтервалами між імпульсами – $0,2 \cdot 10^{-3}$ 5 сек. [9]. Однак, при цьому суттєво ускладнилося саме устаткування та методика його застосування, різко зросли енерговитрати, що відчутно знижує рентабельність методу. Крім того, в характеристиці методики відсутні відомості про можливість знищення яєць гельмінтів.

Гузовим І.П. та Худиковим Н.М. (1995) запропонований екологічно чистий спосіб дезінвазії, заснований на застосуванні електричного поля з напруженістю не менше 100 В/см та частотою 50–250 кГц [10]. Недоліком цього способу є необхідність застосування зовнішнього високовольтного джерела енергії, що знижує його доступність та підвищує небезпеку ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом.

В основі методів знезараження стічних вод із застосуванням біоцидних металів лежить спосіб отримання електрично заряджених наночасток металів ерозійно-вибуховим способом за технологією ООО «Наноматеріали і нанотехнології». При цьому електрично заряджені

наночастки бактерицидних металів (Mg, Zn, Cu, Ag, Pd, Pt, Au, Ir, Sn та Sb) можна отримати шляхом диспергування металічних гранул імпульсами електричного струму у воді [16].

Електрично заряджені наночастки накопичуються у воді, утворюючи колоїдний розчин. Використання наночасток суміші металів підсилює біоцидну дію препарату і розширює спектр його дії за рахунок синергетичної дії металів [10, 13, 14].

Електричний потенціал на поверхні наночасток досягає декілька вольт. При розмірі наночасток 100 нм напруженість електричного поля в ближній зоні наночасток сягає 10^5 В/см, що значно (на три порядки) перевищує пороговий рівень дезінвазійної здатності електричного поля і призводить до знищення яєць та личинок гельмінтів.

Метою нашої роботи було: розробити ефективний метод дезінвазії каналізаційних стоків від яєць аскарид із застосуванням досягнень нанотехнології.

Матеріали і методи досліджень

Матеріалом досліджень слугувала культура яєць свиної аскариди (*A. suum*) на інвазійній та на неінвазійній стадіях їх розвитку. Лабораторні обстеження екскрементів свиней здійснювали загальноприйнятими методами послідовного промивання та флотації. При санітарно-гельмінтологічних дослідженнях стічних вод користувались методом Н.А. Романенка [1]. Диференціацію мертвих і живих яєць а також личинок проводили або застосовуючи метиленовий синій у розчині молочної кислоти з їдким лугом, або ж за рухливістю личинок всередині яйця. Життєздатність яєць паразитичних червів визначали методом світлової мікроскопії паралельно з методом лабораторного культивування.

В експерименті було задіяно шість дослідних та дві контрольні групи. У вісім ємностей заливали по 1 л. сирого осаду стічних вод тваринницької ферми. Потім до кожної з них вносили по 50 яєць свиної аскариди: у три дослідні та одну контрольну групу – не інвазійні, а в інші три та одну – інвазійні яйця нематоди (з личинкою всередині).

Електрично заряджені наночастки бактерицидних металів (Mg, Zn, Cu, Ag, Pd, Pt, Au, Ir, Sn, Sb) були одержані в лабораторних умовах ерозійно-вибуховим способом за технологією ООО «Наноматеріали і нанотехнології» [11,16]. Загальний вміст металів у нанорідині складав біля 100 мг/дм^3 .

Нанорідину вносили з розрахунку 500 мл, 1000 мл, 3000 мл на 1 м^3 осаду. Під час експерименту і перед відбором проб дослідні суміші перемішували. Час експозиції – 6, 12 і 24 години.

Після експозиції яйця аскарид вилучали із дослідних сумішей, двічі відмивали у дистильованій воді з використанням центрифуги (при 1,5 тис. об./хв., протягом 5-и хв.) та переглядали в чашках Петрі при малому збільшенні мікроскопу.

З метою контролю фізіологічної життєздатності яєць їх культивували в чашках Петрі з фізіологічним розчином в термостаті при температурі 28°C

протягом 60-и діб. Двічі на тиждень яйця аскарид переглядали під малим та великим збільшеннями мікроскопу. При цьому виявляли деформовані та мертві яйця (за розривом оболонки, її прогинанням, станом плазми).

Дослідження були проведені на базі акредитованої лабораторії військової частини А 3466 (центр ветеринарного забезпечення ЗС України).

Результати досліджень

Робота включає три взаємопов'язані етапи. З них два перших можна розглядати як підготовчі. Зокрема на першому – із застосуванням загальноприйнятих гельмінтоовоскопічних методів були отримані життєздатні яйця свиної аскариди.

На другому етапі було налагоджене лабораторне культивування цих яєць та їх диференціювання на життєздатні і нежиттєздатні, незрілі та зрілі.

Третій, основний, етап роботи полягав у створенні експериментальної моделі шляхом компонування інвазійного матеріалу, сирого осаду стічних вод тваринницької ферми та наногальванічних елементів, утворених наночастками біоцидних металів. При цьому напруга електричного поля в ближній зоні електрично заряджених наночасток сягала 100 000 В/см, а кількість самих наночасток в середовищі складала 10^{10} – 10^{12} часток/л. За рахунок броунівського руху наночастки знаходились в безпосередній близькості від яєць гельмінтів, що значно підвищило ефективність дії препарату.

Таблиця. Овоцидна ефективність електрично заряджених наночасток біоцидних металів на яйця *Ascaris suum*

Доза наноречовини, мл/м ³	Експозиція, год	Неінвазійні яйця		Інвазійні яйця		
		Кількість яєць, які не досягли інвазійної стадії, %		Кількість життєздатних яєць, %	Кількість нежиттєздатних яєць, %	Кількість життєздатних яєць, %
		Без розвитку, %	З розвитком, %			
500	6	62,9	31,3	5,8	65,7	34,3
	12	78,6	19,2	2,2	70,1	29,9
	24	81,8	16,5	1,7	79,2	20,8
1000	6	73,4	25,4	1,2	68,6	31,4
	12	80,8	18,6	0,6	75,6	24,4
	24	94,2	5,8	-	80,4	19,6
3000	6	86,4	12,6	1,0	83,9	16,1
	12	92,3	7,7	-	90,4	9,6
	24	96,7	3,3	-	93,6	6,4
Контроль		3,7	-	96,3	1,8	98,2

Як зазначено в таблиці, ступінь овоцидного ефекту колоїду наночасток біоцидних металів безпосередньо залежить від концентрації реагенту та тривалості експозиції. Нанорозчин більш ефективно діє на яйця аскариди свиней, які ще не досягли інвазійної стадії. Крім того, під час експерименту щодо неінвазованих яєць нематод відмічали фізіологічне незавершення розвитку в середньому у 15,9 % випадків.

Найвищий, 100 % овоцидний ефект мав місце при дозуванні наноречовини 3000 мл/м³ та експозиції у 12 і 24 години, а також при використанні колоїдного розчину у концентрації 1000 мл/м³ з експозицією у 24 години. Найменшу овоцидну активність мали аквахелати, застосовані у концентрації 500 мл на 1 м³ осаду з експозицією до 6-и годин – 94,2 %. У контрольній групі 96,3 % неінвазійних яєць розвинулися до інвазійної стадії.

Деяко нижчу ефективність проявляв нанобіокомпозит наночасток металів при дії на зрілі яйця *A. suum*. Задовільний овоцидний ефект (65,7 %-79,2 %) дає застосування наноречовини у дозі 500 мл/ м³ при експозиції від 6 до 24 год, відповідно.

При застосуванні 3000 мл нанорідини на 1 м³ стічних вод протягом 24 годин вдається досягти майже 93,6 %, а при 12-и годинній експозиції – 90,4 % елімінації паразитів, що є високоефективним проявом овоцидної дії. У контрольній групі життєздатність нематод зберігалася на рівні 98,2 %.

Висока овоцидна ефективність пропонованого способу знезараження каналізаційних стоків від збудника аскаридозу, відносна простота та доступність застосування дозволяють рекомендувати його до використання в практиці комунального та сільського господарств. Застосування даного методу дезінвазії дозволить оперативно вирішувати проблеми дегельмінтизації та утилізації осаду стічних вод без застосування екологічно небезпечних технологій.

Висновки

Застосовування колоїдного розчину електрично заряджених наночастинок бактерицидних металів у концентрації від 1000 до 3000 мл на 1 м³ осаду із експозицією до 24 год. сприяє загибелі 100 % неінвазійних яєць свиної аскариди *Ascaris suum* та від 90,4 % до 93,6 % яєць на інвазійній стадії, що свідчить про високу ефективність пропонованого способу дегельмінтизації каналізаційних стоків.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження слід спрямувати на випробування запропонованого способу дезінвазії каналізаційних стоків з використанням наночасток металів в умовах сільськогосподарського виробництва.

Література

1. Романенко Н.А., Падченко И.К., Чебышев Н.В. Санитарная паразитология: (Руководство для врачей). – М., 2000. – 342 с.

2. *Сорока Н.М., Новікова І.А., Федоренко О.В.* Екологічна небезпека забруднення навколишнього середовища яйцями гельмінтів // *Наук. вісник НАУ.* – 2006. – Т. 98. – С. 190–193.
3. *Березовський А.В.* Екологічні проблеми сучасної паразитології (аналітичний огляд) // *Науковий вісник НАУ.* – 2006. – Т. 98. – С. 19–28.
4. Инструкция о мероприятиях по предупреждению и ликвидации заболеваний животных гельминтозами. - М.: Информагротех. –1998. – 69 с.
5. *Мозговой А.А.* Основы нематодологии. Аскариды животных и человека и вызываемые ими заболевания, Книга 1, / *А.А. Мозговой.* - М.: Изд-во АН СССР. –1953. – 351 с.
6. *Романенко Н.А.* Санитарная культура животноводческих ферм и комплексов *Н.А.Романенко, В.И.Сурнин, Н.И.Хижняк* и др., Краснодар. -1981. – 114 с.
7. *Кебина В.Я.* Дегельминтизация осадка сточных вод тиазоном / *В. Я. Кебина, Н. А. Романенко, З.М. Смирнова* // *Медицинская паразитология.* –1981. – №2. – С. 18–20.
8. *Каримова К.К.* Эффективность очистки сточных вод от яиц гельминтов / *К. К. Каримова* // *Проблемы паразитологии.* Труды VII науч. конфер. паразитологов УССР. - Киев, 1982. -С. 337–339
9. Авт. свид. SU №1114623. Российская Федерация, МПК 7 С 02 F 1/36, С 02 F 1/48, С 02 F 103:42. Способ обеззараживания сточных вод / *Лях А.А.*; заявитель и патентообладатель Киевский ордена трудового красного знамени инженерно-строительный институт, Киевский науч.-исслед. ин-т туберкулеза, пульмонологии и грудной хирургии им. акад. *Ф.Г. Яновского.* – № 3511499/23-26; заявл. 16.11.82; опубл. 23.09.84., Бюл. № 35.
10. Пат. 2038320 Российская Федерация, МПК 6 С 02 F 1/46, С 02 F 11/00. Способ обеззараживания сточных вод / *Гузов И. П., Худиков Н. М.*; Заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики. – № 4921557/26; заявл. 25.03.91; опубл. 27. 06.95, Бюл. № 26.
11. Открытие № 290 от 7 июня 1986г. *Конюшая Ю.П.* Открытия советских ученых. Часть 1. Физико-технические науки. Изд-во МГУ. –1988. –С. 372–374.
12. Открытие № 176 от 24 июня 1976г. *Конюшая Ю.П.* Открытия советских ученых. Часть 1. Физико-технические науки. Изд-во МГУ. 1988. –С. 287–288.
13. *Арсентьева И.П.* Исследование биологической активности наночастиц магния и меди / *И. П. Арсентьева, Е. С. Зотова, Т. А. Байтукалов* и др. Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Экология и жизнь», Пенза, 2005. – С. 157–160.
14. *Федоров Ю.И.* Сравнительное изучение влияния металлов Ag, Cu, Zn, Al в виде высокодисперсного порошка и соли на рост *Escherichia coli* В. / *Ю.И. Федоров., Л.А. Володина,*

Т.А. Кузовникова и др. // Известия Академии Наук СССР. Серия биологическая. –1983. – № 6. – С. 948–950.

15. Патент на корисну модель: 23550 Україна, МПК (2006) В 22 F 9/14. Спосіб ерозійно-вибухового диспергування металів. / *Каплуненко В.Г., Косінов М. В.* ; Заявник та патентоволодар Національний аграрний університет; заявл. 13.04.08; опубл. 25.05.07, Бюл. № 7.
16. Патент України на корисну модель № 29007. Наногальванічний елемент. МПК С02F1/467. Опубл. 25.12.2007. Бюл. № 21.
-