

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ У ТВАРИННИЦТВІ ФЛОКУЛЯНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОЦИДІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ ПОХІДНИХ ГУАНІДИНУ

А. В. Лисиця, М. С. Мандигра

Інститут епізоотології НААН України

У роботі представлені результати вивчення флокулянтних властивостей похідних гуанідину. Досліджено дію препаратів полігексаметиленгуанідину (ПГМГ) різного аніонного складу. Встановлено, що для повного очищення стічних вод необхідне одночасне використання ПГМГ і коагулянтів. Солі ПГМГ з органічними кислотами можуть бути екологічно безпечнішою альтернативою більш токсичному ПГМГ хлориду. Оскільки ПГМГ, крім властивостей флокулянту, підсилює дію коагулянтів і має високу біоцидну активність, то він є перспективним засобом для одночасного очищення та знезараження стічних вод тваринницьких ферм, свинокомплексів, птичників, підприємств агропереробки.

Ключові слова: ФЛОКУЛЯЦІЯ, ПОЛІГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНІДИН, БІОЦИД, СТІЧНІ ВОДИ, ОЧИЩЕННЯ

Одним з актуальних питань сучасного тваринництва, птахівництва і агропереробки є знезараження відходів виробництва та очищення стічних вод. Стоки тваринницьких ферм за фазово-дисперсним станом можуть містити: завислі частинки — 14–30 %, суспензії — 13–24 %, колодії — 9–27 %, розчинені речовини — 31–50 %, при цьому речовини органічного походження можуть становити до 60 % від загального забруднення. Крім того, в стічних водах майже завжди наявні патогенні мікроорганізми, яйця гельмінтів тощо. Зазвичай, застосовують два основних методи очищення: очищення в штучних умовах (спеціальні споруди, установки) і в природних умовах (на полях зрошення і фільтрації, біологічних ставах тощо). Забруднені стічні води послідовно очищують механічним, хімічним і біологічним способами [1].

При підготовці стічних вод до скидання у природні водойми, каналізацію, або для повторного використання в замкненій системі їх обробляють мінеральними коагулянтами (частіше за все солями алюмінію), органічними флокулянтами і біоцидами. У деяких випадках після цього воду хлорують, після чого додають купрум сульфат для пригнічення розвитку водоростей. Така обробка може становити значну загрозу при роботі замкненої системи водозабезпечення через високу токсичність і корозійну активність цих речовин, загрозу відкладання солей, крім того, у цих сполук малий період післядії у воді. Використання полімерних похідних гуанідину, зокрема солей полігексаметиленгуанідину (ПГМГ) є сучасною альтернативою зазначеному вище способу. Солі ПГМГ поєднують у собі властивості флокулянта, який викликає агрегацію завислих частинок (флокуляція, від лат. *flocculatio* — утворення пластівців, згодом випадіння осаду у вигляді пластівців або «хлоп'єв», один з видів коагуляції), помірної поверхнево активної речовини (далі ПАР) і потужного біоцида. Їх застосування не лише знезаражує воду, а й запобігає біообрастанню, не призводить до пошкодження деталей обладнання [2].

Можливості використання солей ПГМГ для очищення стічних вод та в процесах водопідготовки вивчалися ще у 1980-х роках. Тоді було визначено, що ці полімери мають виражені біоцидні властивості (бактерицидні, фунгіцидні, вірулоцидні, альгіцидні), а при збільшенні молекулярної маси полімерних похідних гуанідину зменшується їх токсичність і проявляються властивості полікатионного флокулянта. Згодом були підібрані оптимальні флокулюючі дози реагента у воді, зокрема для ПГМГ хлориду (ПГМГхл), залежно від складу і властивостей стічних вод, технології очищення і знезараження на конкретних об'єктах або очисних спорудах, були запропоновані концентрації від 1 до 10 мг/л (або 10^{-4} – 10^{-3} %), час

контакту не менше 60 хв [2]. Також з'ясувалося, що ПГМГхл ефективно знезаражує воду, але повне її очищення можливе лише за одночасного застосування ПГМГхл і коагулянтів (сульфат алюмінію, оксихлорид алюмінію, сульфат заліза тощо) [2].

На відміну від хлору, ПГМГхл малотоксичний, не леткий, стабільний при зберіганні, не вимагає спеціальних заходів безпеки при використанні, у водному середовищі йому властива тривала біоцидна дія. У будь-якій стічній воді ПГМГхл флокулює завислі частинки, пригнічує процеси гниття, бродіння і біообростання, усуває запах, мутність і забарвленість. У Російській Федерації (РФ) ГДК для ПГМГхл у воді природних водойм встановлена на рівні 0,1 мг/л або $10^{-5}\%$ (ця концентрація не впливає на процеси їх природного самоочищення), для водойм рибогосподарств — 0,01 мг/л (або $10^{-6}\%$), у питній воді — 1,0 мг/л (або $10^{-4}\%$) [2].

Проведені в РФ виробничі випробування показали високу ефективність ПГМГ при очищенні стічних вод м'ясопереробних підприємств. При одноразовому введенні ПГМГ у загальний об'єм стічних вод у конц. 0,1 % кількість завислих частинок зменшувалася на 30 %, а кількість мікроорганізмів — у середньому в 10–28 разів, результати проявлялися вже протягом першої години [3]. Біоцидний флокулянт ПГМГхл (під комерційною назвою «Біопаг») було випробувано для дезінфекції і очищення стічних вод Таганського м'ясокомбінату, які містили кров забитих тварин, залишки фаршу після миття обладнання тощо. При додаванні до таких стоків «Біопагу» відбувалося не лише їх знезараження, а й осадження більшої частини білкових забруднень разом з іншими механічними домішками. Зокрема при додаванні 0,25 % «Біопагу» вміст сухого залишку у стічній воді зменшувався у 4 рази, а мікрорганізмів, що контролювалися (*E. coli*, *Proteus*), знижувався до рівня санітарних норм. Повну загибель всіх мікроорганізмів у стічній воді м'ясокомбінату викликала доза препарату 1 %. Щодо іншого засобу, який містить ПГМГхл (комерційна назва «Полісепт»), для знезараження стічних вод автори рекомендують дози від 1 мг/л до 100 мг/л (або 10^{-4} – $10^{-2}\%$), препарат застосовували, як шляхом механічного змішування із стоками, так і шляхом вприскування або обробки повітряною суспензією (спрей-метод) [4].

Необхідно зазначити, що ПГМГ може використовуватися і для підготовки питної води. Препарат не лише дезінфікує воду та осаджує дрібнодисперсні сполуки, а й «зклеює» їх в більш крупні конгломерації, що полегшує процес фільтрування води. Крім РФ, препарат ідентифіковано як можливий засіб для застосування при водопідготовці в країнах ЄС (Директива 98/8/ ЄС, регуляторні акти Комісії ЄС № 2003R2032, 2005R1048, 2007R1451). В Україні фахівцями НТЦ «Укрводбезпека» для водопідготовки було розроблено реагент комплексної дії «Акватон-10», діючою речовиною якого є ПГМГхл. «Акватон» володіє хорошими комплексоутворюючими властивостями, суттєво зменшує вміст у воді гумінових кислот, танинів, білкових речовин, хлор- і фосфорорганічних пестицидів, нафтопродуктів, інших органічних домішок, катіонів важких металів. Для «Акватона», за словами авторів, мінімальні ефективні концентрації становлять 3,0 мг/л, і хоча гуанідинові полімери дорожчі за хлор, незначне зростання вартості очищення питної води компенсується нижчою токсичністю та хімічною агресивністю, виробничою та екологічною безпечністю [2, 5].

Також варто додати, що ПГМГхл може використовуватися і при виробництві гранульованих добрив, зокрема одноразова обробка 1 % розчином препарату повністю знезаражує контамінований сальмонелою пташиний послід [2].

Таким чином, постійно зростаюча увага до екологічних аспектів агровиробництва вимагає не лише ефективного знезараження відходів, а й використання максимально безпечних реагентів і технологій. Питання ефективного очищення і знезараження стічних вод тваринницьких ферм, підприємств агропереробки, віваріїв та інших об'єктів наразі лишається актуальним. В усіх перерахованих вище прикладах використовували солі ПГМГ з неорганічними кислотами (ПГМГ хлорид або ПГМГ фосфат). З метою мінімізації токсичності та загрози для природних екосистем при розробці нового флокулянту і біоциду були синтезовані й випробувані солі похідних гуанідину з різними органічними кислотами.

Метою досліджень було порівняти флокулянтні властивості різних похідних гуанідину і визначити перспективи їх подальшого використання в якості реагентів для очищення та знезараження стічних вод підприємств аграрного сектору.

Матеріали і методи

В якості моделей, що є одночасно справжніми і несправжніми розчинами, які містять складні суміші як органічних, так і неорганічних сполук, були використані культуральні середовища з мікроорганізмами (інфузорії) (відстояне і відфільтроване), сироватку крові великої рогатої худоби (ВРХ), водні суспензії екскрементів кролів та жовтої глини, а також водні розчини солей $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ і $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ («Хімлаборреактив», Україна, кваліфікація «ч»). Ефективність осадження оцінювали візуально в циліндричних пробірках (П2–10–90), які заповнювали на 2/3 об'єму, також використані методи нефелометрії, рефрактометрії і колориметрії. При колориметричному визначенні вмісту загального білка біуретовим методом використана стандартна тест-система (ТОВ НВП «Філісіт-Діагностика», Україна). Дослідження проводили за температур від 6 до 23 °С.

В експериментах вивчали дію препаратів ПГМГ (ПП «Терміт», Україна) з молекулярною масою 5–15 кДа, зразки відрізнялися за аніонним складом, рН встановлювали на рівні 6,5–7,5. Крім ПГМГ, також були випробувані такі похідні гуанідину, як полігексаметилен бігуанідин (ПГМБГ) хлорид та діетаноламінбігуанідин (ДЕАБГ) діхлорид. Оскільки частина препаратів, що досліджувалися була використана при створенні нового дезінфектанту «Епідез» [6], то й експериментальні похідні гуанідину отримали умовні позначення «епідез». Це зокрема:

ПГМГ — хлорид молекулярною масою 5–9 кДа, або ПГМГхл (умовне позначення епідез),

ПГМГ — сукцинат однозаміщений (сіль янтарної кислоти, або епідез-1),

ПГМГ — хлорид молекулярною масою 10–15 кДа, спеціально очищений від низькомолекулярних домішок (епідез-2),

ПГМБГ — хлорид (епідез-3),

ПГМГ — валерат (сіль валеріанової кислоти, епідез-4),

ПГМГ — малеат (сіль малеїнової кислоти, епідез-5),

ПГМГ сукцинат двозаміщений (двозаміщена сіль янтарної кислоти, епідез-6),

ДЕАБГ — або діетаноламінбігуанідин діхлорид (епідез-7), низькомолекулярний препарат не полімерної будови.

Результати й обговорення

Флокулююча дія різних концентрацій епідезів на модельні системи, що імітували стічні води або відходи виробництва наведено в таблиці.

За порядком зменшення флокулянтної активності щодо сироватки крові ВРХ перевірені зразки можна розташувати наступним чином:

епідез \geq епідез-2 \geq епідез-6 \geq епідез-1 $>$ епідез-4 $>$ епідез-5 $>$ епідез-3 $>$ епідез-7.

Таблиця

Динаміка флокуляції і осадження складових культурального середовища *P. caudatum* і сироватки крові ВРХ

препарат, концентрація, %	культуральне середовище <i>P. caudatum</i>				сироватка крові ВРХ			
	час, ефект				час, ефект			
	1 год	3 год	5 год	24 год	1 год	3 год	5 год	24 год
<i>епідез (ПГМГ хлорид)</i>								
0,5	±	±	+	++	+	+	++	++
0,05	—	±	++	++	+	+	++	++
0,005	—	±	+	++	—	—	±	±
0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>епідез-1 (ПГМГ сукцинат однозаміщений)</i>								
0,5	±	+	+	+	±	+	++	++
0,05	—	±	±	+	±	+	+	++

0,005	—	—	±	+	—	—	—	±
0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>епідез-2 (ПГМГ хлорид очищений)</i>								
0,5	—	±	+	++	+	+	++	++
0,05	—	±	+	++	±	+	++	++
0,005	—	±	+	++	—	—	—	±
0,0005	—	—	±	+	—	—	—	—
<i>епідез-3 (ПГМБГ хлорид)</i>								
0,5	—	+	+	+	—	±	+	++
0,05	—	±	+	+	—	—	—	—
0,005	—	—	—	±	—	—	—	—
0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>епідез-4 (ПГМГ валерат)</i>								
0,5	±	+	+	++	—	±	++	++
0,05	±	+	+	+	—	±	++	++
0,005	—	±	+	+	—	—	—	±
0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>епідез-5 (ПГМГ малеат)</i>								
0,5	±	±	±	+	—	±	+	+
0,05	±	+	++	++	—	—	±	±
0,005	±	+	++	++	—	—	—	—
0,0005	—	—	±	±	—	—	—	—
<i>епідез-6 (ПГМГ сукцинат двозаміщений)</i>								
0,5	±	±	±	+	±	+	++	++
0,05	±	+	+	++	±	±	+	++
0,005	±	+	+	++	—	—	±	±
0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>епідез-7 (ДЕАДГ діхлорид)</i>								
0,5	—	±	±	+	—	—	±	+
0,05	—	±	±	+	—	—	—	±
0,005	—	—	—	—	—	—	—	—
0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>контроль (H₂O)</i>								
	—	—	—	—	—	—	—	—

Примітка: «+» — прояви флокуляції; «++» — максимальні прояви флокуляції; «±» — прояви флокуляції незначні; «—» — відсутність будь-яких видимих ознак флокуляції.

За порядком зменшення флокулянтної активності щодо культурального середовища інфузорій перевірені зразки можна розташувати наступним чином:

епідез-5 ≥ епідез ≥ епідез-4 ≥ епідез-2 ≥ епідез-6 > епідез-1 > епідез-3 > епідез-7.

Всі випробувані препарати практично не проявляють флокулянтних властивостей за концентрацій 10⁻⁵ % (або 0,1 мг/л) і нижче, помітний ефект починається з концентрацій 10⁻⁴–10⁻³ %. Препарат не полімерної будови епідез-7 має найгірші флокулянтні властивості. Порівняння епідезу і епідезу-2 показало, що при зростанні маси полімеру від 5–9 кДа до 10–15 кДа суттєвих відмінностей у флокулянтних властивостях не спостерігається.

Для перевірки тези про те, що ПГМГ здатен утворювати з іонами важких металів (Cu²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺, Co²⁺, Cr³⁺, Fe³⁺, Pb²⁺, Hg²⁺, Mn²⁺) нерозчинні у воді комплекси і застосовуватися для вилучення цих ксенобіотиків із стічних вод [2], були проведені досліди з розчинами солей деяких важких металів. До 1,0 і 0,01 % водних розчинів купрум сульфату і свинцю ацетату додавали такі самі концентрації епідезів.

Результат дії на сульфат міді: епідез > епідез-6 >> епідез-1, 2, 3, 4, 5.

Результат дії на ацетат свинцю: епідез-5 > епідез > епідез-6 >> епідез-1, 2, 3, 4.

В інших експериментах виявилось, що солі ПГМГ по-різному, і далеко не завжди, осаджують зазначені вище катіони важких металів, так зокрема, за нейтральних значень рН іони Zn²⁺, Co²⁺, Mn²⁺ утворюють з ПГМГ сукцинатом (епідез-6) водорозчинні стійкі метал-полімерні комплекси.

Для порівняння дії різних епідезів на завислі частинки були проведені досліди з флокулювання відстояної водної суспензії жовтої глини і водного екстракту фекалій кролів.

Результат для суспензії глини (концентрації епідезів 0,5 %): епідез-3, 4, 5 > епідез-6 ≥ епідез-1 >> епідез, епідез-2.

Результат для фекалій кролів (конц. епідезів 0,5 %): епідез-2 ≥ епідез-3 > епідез, епідез-1 ≥ епідез-5, 4, 6.

За концентрації 0,005 % жоден препарат помітних флокулянтних властивостей не проявив.

Білок курячого яйця утворює у воді малостійкий колоїдний розчин, жовток, де переважають ліпіди і ліпопротеїни — нестійку емульсію. За флокулюючою дією препаратів у концентраціях 0,5 % на розчин білка яйця (3 % за загальним білком) їх можна розташувати наступним чином: епідез, епідез-2, 3 > епідез-6 > епідез-4, 5 > епідез-1; а у концентраціях 0,05 %: епідез, епідез-1, 2, 6 > епідез-3 > епідез-4, 5. За дією на водну емульсію яєчного жовтка (2 % конц. за загальним білком) в дозах 0,5 % препарати подіяли наступним чином: епідез, епідез-1, 2 > епідез-3, 4, 5, 6; а у конц. 0,05 %: епідез ≥ епідез-1, 3, 4, 5 > епідез-2, 6. Флокуляцію білків оцінювали візуально і з використанням фотоелектроколориметрії (біуретовий метод) та рефрактометрії.

Ці досліді також показали, що додавати солі ПГМГ в якості флокулянтів краще після відстоювання гетерогенних систем (колоїдів, суспензій) або після дії коагулянта, тому що, наприклад, у випадку ліпопротеїнів, ліпідів і пігментів (каротин, ксантофіл жовтка яйця), завдяки поверхнево активним властивостям епідезів, можуть утворюватися стійки забарвлені колоїдні розчини.

Отже, як видно з проведених дослідів, полімерні похідні гуанідину справді володіють непоганими флокулянтними властивостями, які мають певні відмінності для різних солей ПГМГ. Ймовірно, це пов'язано з їх не однаковою здатністю до комплексоутворення, безпосередньою активністю різних кислотних залишків, поверхневим розподілом заряджених груп, конформацією молекул полімеру у водному розчині, яка залежить від виду аніону. Завдяки високим знезаражуючим (біоцидним) якостям епідезів, малій токсичності та здатності до біорозкладання в екосистемах вони можуть використовуватися для очищення стічних вод і відходів виробництва різного походження та складу. За білкового навантаження втрата біоцидної активності ПГМГ незначна (білковий індекс 1, 6).

Не підтвердилася теза, що у будь-якій стічній воді ПГМГхл флокулює завислі частинки, і усуває мутність та забарвленість. Підтверджено припущення, що ПГМГхл ефективно знезаражує воду, але якісне її очищення можливе лише при одночасному застосуванні ПГМГхл і коагулянтів (сульфат алюмінію, оксихлорид алюмінію, сульфат заліза, тощо). Через те, що в присутності катіоногенних ПАВ, наприклад, таких, як залишки миючих засобів (пральні порошки, мила), біоцидна активність ПГМГ зменшується, то препарат більш ефективний саме для очищення забруднень ферм і підприємств агропереробки, а не побутових стічних вод.

Солі ПГМГ з органічними кислотами мають майже такі самі біоцидні властивості, як і ПГМГхл, проте вони зазвичай менш токсичні [2, 7]. У досліді з флокуляції культурального середовища інфузорій та ацетату свинцю ПГМГ малеат показав кращий результат, тобто, ця сіль, як і сукцинат двозаміщений і валерат ПГМГ, може слугувати екологічно безпечнішою альтернативою ПГМГхл. Одночасне застосування ПГМГ і коагулянтів дозволяє значно зменшити дозу останніх. Крім того, флокулянтні властивості ПГМГ, на відміну від коагулянтів, мало залежать від температури, наприклад, для алюмінію гідроксиду за температури нижче 10 °С вода, через завислі частинки, часто залишається мутною.

Оскільки в молекулі ПГМГ заряджені гуанідинові групи чергуються з неполярними гексаметиленовими, то й вся молекула полімеру є дифільною або амфифільною, як наприклад, молекули білка, в яких чергуються амінокислоти з гідрофільними і гідрофобними радикалами. Це обумовлює поверхневу активність ПГМГ на границі розділу фаз, зокрема вода-повітря. Амфифільні молекули полімеру можуть концентруватися на поверхні бульбашок повітря у воді. Тому, для більш ефективного використання флокулянтних властивостей ПГМГ можна одночас застосовувати аерацію і флотацію.

Висновки

Полігексаметиленгуанідин володіє властивостями полікатіонного флокулянта і може ефективно флокулювати завислі частинки, але для повного очищення стічних вод необхідне також використання коагулянтів. Солі ПГМГ з органічними кислотами можуть бути непоганою альтернативою більш токсичному ПГМГхл. Оскільки ПГМГ, крім властивостей флокулянту, має й високу біоцидну активність, то він є перспективним засобом для одночасного очищення та знезараження стічних вод тваринницьких ферм і підприємств агропереробки. ПГМГ також може бути рекомендованим для попередження біообростання промислової теплообмінної апаратури, водоводів та іншого обладнання, що контактує з водою. Через низьку токсичність, здатність до біорозкладання, нелетючість, неагресивність по відношенню до обладнання і матеріалів, ПГМГ відповідає всім вимогам «зеленої» хімії та може використовуватись при створенні агротехнологій, що відповідають сучасним екологічним вимогам.

Перспективи подальших досліджень. Оскільки практично всі випробувані полімерні похідні гуанідину показали достатні флокулянтні властивості, то за їх подальшого застосування необхідно враховувати не лише вартість препаратів та їх біоцидні властивості. Доцільним, на нашу думку, є дослідження швидкості біодеструкції різних солей ПГМГ в екосистемах. Також на модельних багатокомпонентних системах необхідно визначити які саме їх складові краще піддаються флокуляції та осаджуються в першу чергу, це дозволить підібрати оптимальний склад коагулянтів і флокулянтів залежно від потреб виробництва.

A. Lysytsya, M. Mandygra

PROSPECTS OF THE USE IN ANIMAL INDUSTRY FLOKULATION CHARACTERISTIC OF BIOCIDES ON BASE OF POLYMERIC GUANIDINE DERIVATIVE

S u m m a r y

The results of the guanidine flokulation characteristic researches are presented in this article. The action a preparation of polyhexamethyleneguanidine (PGMG) of different anion composition was studied. It is determined that for full peelings of the sewages it is necessary to use coagulant in the same way. The salts PGMG with organic acid can be ecologically safe alternative to more toxic PGMG chloride. PGMG acts as flokulante and intensifies the action of coagulantes. It possesses the high biocide activity and is a perspective facility for simultaneous peelings and disinfections of the sewages animal farms, swinery, poultry yard, factory of agrotreatment.

A. B. Лисица, Н. С. Мандыгра

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ ФЛОКУЛЯНТНЫХ СВОЙСТВ БИОЦИДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГУАНИДИНА

А н н о т а ц и я

В работе представлены результаты изучения флокулянтных свойств гуанидина. Исследовано действие препаратов полигексаметиленгуанидина (ПГМГ) разного анионного состава. Установлено, что для полной очистки сточных вод необходимо так же использование коагулянтов. Соли ПГМГ с органическими кислотами могут служить экологически безопасной альтернативой более токсичному ПГМГ хлориду. Поскольку ПГМГ, кроме флокулянтных свойств, усиливает действие коагулянтов и обладает высокой биоцидной активностью, то он является перспективным средством для одновременной очистки и обеззараживания сточных вод животноводческих ферм, свинокомплексов, птичников, предприятий агропереработки.

1. Зорин С. Н. Экологические проблемы и утилизация стоков животноводческих комплексов : сб. научн. трудов XIII междунар. научно-технич. конф. Экология и здоровье

человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов. / С. Н. Зорин, М. Е. Гришук, В. П. Полуянов. — Харьков : УкрВОДГЕО, 2005. — С. 926–932.

2. *Воинцева И. И.* Полигуанидины — дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционные материалы / И. И. Воинцева, П. А. Гембицкий. — М. : ЛКМ-пресс, 2009. — 304 с.

3. *Кузнецова Л. С.* Очистка и обеззараживание сточных вод перерабатывающих предприятий АПК (Мясокомбинаты) / Л. С. Кузнецова, А. Г. Снежко, З. С. Борисова и др. // Пищевая промышленность. — 2002. — № 10. — С. 52–53.

4. www.iet.biocide.ru 28.01.2009.

5. *Нижник Т. Ю.* Безопасные технологии комплексной очистки воды с использованием биоцидных полимеров : сб. научн. трудов XIII междунар. научно-технич. конф. Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов / Т. Ю. Нижник, А. И. Баранова, В. Ф. Мариевский и др. — Харьков : УкрВОДГЕО, 2005. — С. 544–550.

6. *Мандигра М. С.* Використання полігексаметиленгуанідину для дезінфекції / М. С. Мандигра, І. В. Степаняк, А. В. Лисиця, Ю. М. Мандигра // Аграрний вісник Причорномор'я : зб. наук. праць. — Одеса : СМІЛ, 2008. — Ч. 2., Вип. 42. — С. 69–73.

7. *Лисиця А. В.* Визначення токсичної дії похідних гуанідину на *Paramecium caudatum* : наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України / А. В. Лисиця. — 2009. — № 3 (15). — (<http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2009-3/09lavdpc.pdf>).

Рецензент: завідувач лабораторії живлення ВРХ, доктор сільськогосподарських наук, с. н. с. наук І. В. Вудмаска.