

**Л.І. Глоба,
П.І. Гвоздяк**

БІОЛОГІЧНА ДЕНОКСАЦІЯ ХІМІЧНИХ ПАТОГЕНІВ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України
(дир. – академік НАН України В.В. Гончарук)
м. Київ*

Ключові слова: *гігієна,
деноксація, патогени хімічної
природи*
Key words: *hygiene, denoxation,
pathogens of chemical nature*

Резюме. *Рассмотрены возможности и перспективы деноксациии патогенов химической природы биотехнологическими методами для оздоровления внешней среды и охраны ее от загрязнения.*

Summary. *Peculiarities and perspectives of denoxation of pathogens of chemical nature by biotechnologic methods for sanation of the environment and protection from contamination are discussed.*

У гігієнічній літературі розглянуто необхідність активації деноксологічного напрямку гігієнічної науки й практики [45]. Цей напрямок зорієнтований на знешкодження (деноксацію) в навколишньому середовищі патогенів фізичної, хімічної та біологічної природи техногенного чи антропогенного походження. Термін «деноксація» (від латинського поха – шкода) запропонував відомий гігієніст академік РАМН М.Г. Шандала. У його статтях [8, 3] звертається увага, зокрема, на неефективність (відсутність) способів деноксації хімічних патогенів у сучасного довкілля.

Натомість ми вважаємо, що сучасні мікробіологія та біотехнологія мають величезний деноксологічний потенціал і практичний досвід знешкодження хімічних патогенів. З цією метою застосовують, перш за все, біологічні технології трансформації, деструкції та вилучення патогенів хімічної природи, зокрема ксенобіотиків, при очищенні стічних, зливових і природних вод.

Погоджуючись з тим, що детоксикація довкілля при зростаючому забрудненні його ксенобіотиками відбувається лише в обмежених масштабах, хочемо звернути увагу на успіхи біотехнологій очищення води й повітря від хімічних патогенів та перспективи їх подальшого успішного розвитку [8].

Деноксація хімічних патогенів біологічними методами відома з кінця позаминулого століття [12]. У ті часи вже застосовувалося біологічне очищення забрудненої хімічними речовинами води на полях зрошення та фільтрацією.

Пізніше для деноксації патогенів хімічної природи стали використовувати більш потужні біологічні системи, а саме:

1. Біоплівки;
2. Активованій мул;
3. Іммобілізовані анаеробні бактерії та анаеробний гранульований мул;
4. Селекціоновані мікроорганізми – деструктори хімічних сполук;

5. Вищу водну рослинність;
6. Гідробіонти, які складають просторову сукцесію (біоконверс).

Усі ці біологічні системи тепер інтенсивно використовуються на практиці в низці різноманітних очисних споруд, таких як:

1. Біофільтри;
2. Біоконтактори;
3. Аеротенки;
4. Окситенки;
5. Анаеробні біореактори;
6. Мочари (ветленди);
7. Багатоступеневі біореактори (біоконверси) з іммобілізованими біоценозами.

Однак, на жаль, на сьогодні в Україні забруднення водного басейну різноманітними хімічними речовинами, зокрема ксенобіотиками з токсичними, канцерогенними та мутагенними властивостями, сягло межі, за якою вже чітко проглядається абсолютно реальна небезпека еколого-хімічного автогеноциду.

У 1968 році з ініціативи академіків Ф.Д. Овчаренка та Л.А. Кульського в новоствореному Інституті колоїдної хімії та хімії води АН України було організовано відділ мікробіології очищення води на чолі з визначним мікробіологом професором М.М. Ротмістровим. Колектив дослідників відділу поставив собі за мету пошук мікробів, які могли б розкласти невідомі Природі раніше синтетичні органічні речовини, що згодом отримали зловісну назву «ксенобіотики» (з грецької «чужі життю»). Справді, ці речовини, є, як правило, токсичні, канцерогенні та навіть мутагенні і тому вкрай небезпечні для всього живого на землі, в першу чергу для Людини.

У 1973 році відомий американський мікробіолог Мартін Александр опублікував солідний список хімічних сполук, що не піддаються мікробній деструкції («nonbiodegradable and other recalcitrant molecules») [46]. Це були, в основному, нітро-, галогеногранічні, гетероциклічні та деякі інші ксенобіотики. Спеціалістам з очи-

щення стічних вод було добре відомо, що активований мул не розкладає таких сполук, адже в довідниках зазначалося, що їх БПК = 0. Для мікробіологів-екологів ці списки стали значним подразником: виникло бажання знаходити (чи «створювати» генетично) мікроорганізми, здатні розкладати, мінералізувати, включаючи в кругообіг елементів у Біосфері, синтезовані Людиною, невідомі раніше Природі органічні сполуки.

На той час розв'язанням цієї науково цікавої та практично надзвичайно важливої проблеми вже впродовж декількох років займалася школа проф. М.М. Ротмістрова. У результаті подальших наполегливих пошуків удалося селекціонувати низку мікроорганізмів, в основному бактерій, а також дріжджів, здатних розкладати нітросполуки – нітроанілін [26, 29], пікринову кислоту [7, 27], нітрофенол [23], нітрохлорбензол [11, 43], нітрофталевий гідразид [6], аліфатичні та ароматичні аміни – гексаметилендіамін [1, 18, 28, 34], анілін [9, 10], ефіри поліетиленгліколя, оксигетильовані спирти, кислоти, алкіл феноли, блоксополімери окисів етилену і пропілену [25], алкілсульфати [41], додецилсульфат натрію [20], алкілбензолсульфантрену [38], гетероциклічні сполуки [16], фенантрену [21], інші поліциклічні ароматичні вуглеводні [39] та багато інших.

Сотні культур мікроорганізмів – деструкторів синтетичних органічних сполук, що використовуються в побуті, промисловості, сільському господарстві, медицині, таких як поверхнево-активні речовини, барвники, пестициди, розчинники, дезінфектанти, фізіологічно-активні молекули речовини, вихідні, проміжні та кінцеві продукти тонкого органічного синтезу тощо, виділено в чисті культури, вивчено, визначено, а понад 30 з них депоновано у центральному музеї промислових мікроорганізмів при «ВНИИГенетика» (Москва) і заявлено у вигляді авторських свідоцтв і патентів. Відомості про ці бактерії та дріжджі різноманітних родів – *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Lepthotrix*, *Acinetobacter*, *Methylomonas*, *Saccharomyces*, *Candida* та інші – можна знайти у відповідних статтях і монографіях співробітників ІКХХВ АН України [17, 22, 35, 36, 40, 42].

Вивчення деструктивних можливостей цих культур, а також морфолого-культуральних та фізіологічно-біохімічних властивостей селекціонованих штамів, дослідження взаємодії «одна бактерія – одна хімічна сполука» дозволили встановити зв'язок між хімічною структурою речовин, що підлягають розкладові, і таксономічним положенням бактерій, які здатні цей розклад (цю деструкцію) здійснювати.

Наприклад, аналіз шляхів мікробної трансформації капролактаму дав можливість спрогнозувати пошук мікроорганізмів – деструкторів цієї синтетичної речовини саме серед бактерій роду *Bacillus*. Досліди блискуче підтвердили науковий прогноз: усі доступні нам новітні музейні культури бактерій роду *Bacillus*, які до цього не мали жодного контакту з вказаним ксенобіотиком, виявилися здатними використовувати капролактаму як єдине джерело вуглецю та енергії, у дуже високих концентраціях.

Виявлення нами феніл діаміну як проміжного продукту мікробної деструкції нітроаніліну ще в 1969 році однозначно вказало, що для розкладу органічних нітросполук потрібно шукати бактерії серед облигатних або принаймні факультативних анаеробів, створюючи їм відповідні анаеробні умови. Подальші експерименти з мікробної деструкції пікринової кислоти, нітрохлорбензолу тощо однозначно не підтвердили, що згодом дало нам можливість успішно організувати процес очищення дуже «важких» промислових стічних вод від тринітротолуолу та інших нітропохідних на Рубіжанському заводі «Зоря».

Коли прийшов час реального використання селекціонованих нами, адаптованих мікроорганізмів для захисту водного басейну від забруднень хімічними патогенами, що містяться в стічних чи зливових водах, виявилось, що мати навіть надзвичайно активні штами деструкторів недостатньо. Їх потрібно утримувати в очисних спорудах, зробити так, щоб вони не виносилися, не вимивалися безперервним потоком води, що очищається. Для запобігання цьому явищу необхідно прикріплювати (імобілізувати) мікроорганізми до якихось насадок всередині очисних апаратів.

Після інтенсивних, довготривалих пошуків і випробувань найрізноманітніших насадок ми створили носії з ультратонкого хімічного гладкого й текстурованого волокна, змонтованого у вигляді плоскої ВІІ, що забезпечує бездоганний масообмін і відмінну перманентну регенерацію носія, на якому розвивається біоплівка мікроорганізмів-деструкторів. Волокнисті носії типу ВІА не мають собі рівних у світі за питомою площею поверхні та найважливішими технологічними параметрами.

Дослідження з мікробної деструкції органічних сполук, окисно-відновних процесів неорганічних патогенів – амонійного азоту, нітратів, нітритів, хроматів, іонів важких металів, радіонуклідів тощо стали науковим підґрунтям для розробки, дослідно-промислової перевірки та

впровадження у практику новітніх біотехнологій очищення промислових і комунальних стічних вод, зливових і природних вод.

Наші принципово нові, багатоступеневі біотехнології очищення води, що дістали назву «біоконвеєри» [8], передбачають використання як найширшого кола гідробіонтів – від анаеробних і аеробних мікроорганізмів-деструкторів, через мікроскопічних найпростіших до вищих форм фільтра торів і хижаків, виключно з молюсками і рибами, а також оліготрофними бактеріями на останніх ступенях обробки води. Біоконвеєри дозволяють звільнити воду від будь-яких, навіть вкрай токсичних, мутагенних і канцерогенних хімічних патогенів. Саме за такими біотехнологіями нам вдалося очищати такі реальні стічні води, які до наших робіт не можна було очистити жодним відомим способом, тому їх знешкоджували термічно – «спалюванням» при температурі близько 1000°C у спеціальних печах. Прикладом таких біоконвеєрних технологій може служити очищення «мертвої води», що утворювалася при виробництві хімічного полімеру анід (най лона-66) на Чернігівському ВО «Хімволокно» [17, 30] і промстоків, що містять неіоногенні поверхнево-активні речовини, на Івано-Франківському заводі тонкого органічного синтезу [24]. Стічні води виробництва лаків і фарб на Лідському ВО «Лакофарба» (Білорусь) та Черкеському хімзаводі (РФ) також можна було очистити активованим мулом (навіть в окситенках) через високі концентрації (близько 5000 мг/л) органічних розчинників (ксилол, толуол, уайтспірит, бензол) та іонів важких металів, і тільки за допомогою біоконвеєра із застосуванням анаеробних бактерій на початкових етапах очищення вдалося прибрати ці шкідливі хімічні патогени й далі очистити воду до такого стану, при якому в ній жили риби [14, 15]. За біоконвеєрною технологією очищали промислові стічні води виробництва полізоціонатів від аніліну на Дніпродзержинському ПО «Азот» [2], стічні води та рідкі токсичні відходи коксохімічного виробництва від фенолів та інших патогенів на Макіївському коксохімічному заводі [32] та ВАТ «МК «Азовсталь» [5], стічні води від нафтопродуктів на заводах (РФ) і на АТП-13030 в м. Києві; стічні води, що містять фенол, формальдегід тощо на Свалявському лісохімічному комбінаті (Закарпатська область) та на Усть-Каменогорському заводі деревинно-волокнистих плит (РФ) [3, 4], промислові води з метанолом, діетаноламіном, нафтопродуктами, етилен- і діетиленгліколями на Оренбурзькому (РФ) і Тенгізькому (Казахстан) газових заводах

[13, 31], а також на станціях перекачки природного газу у Більче-Волиці та Дашаві (Львівська обл.) [44], стічні води Київської поліграфічної фабрики «Зоря», що містять іони важких металів хрому, міді, нікелю [19], токсичні води Болехівського шкірзаводу (Івано-Франківська область) [33, 37] і таке інше.

Наведений у цій роботі короткий перелік успішних деноксологічних біотехнологій відновлення якості антропогенно забруднених патогенами хімічної природи водних об'єктів свідчить про високий рівень можливостей деноксології в боротьбі за охорону та оздоровлення довкілля.

Біологічне очищення води від токсичних речовин-патогенів було, є і буде основним методом очищення стоків та охорони природних вод від хімічного забруднення.

У Радянському Союзі було декілька відомимих мікробіологічних центрів, де вивчалася деструкція синтетичних сполук. Це Інститут мікробіології АН Білоруської РСР (проф. А.С. Самсонова, З.М. Алещенкова), Інститут біохімії та фізіології мікроорганізмів АН СРСР (академік Г.Н. Скрябін, проф. Л.О. Головльова, О.М. Боронін), Інститут мікробіології та вірусології АН УЗСЗ (чл.-кор. Є.І. Квасніков, к.б.н. М.І. Павленко, Г.Ф. Смірнова), Інститут мікробіології та вірусології АН Казахської РСР (академік А.Н. Лялетдінов, проф. Р.М. Алієва), Інститут мікробіології АН СРСР (проф. Ю.Н. Карасевич, В.І. Романенко), Інститут мікробіології та вірусології АН Латвійської РСР (академік М.Є. Бекер), Казанський державний університет (проф. Р.П. Наумова) тощо. Однак Президія Академії наук Радянського Союзу (академік-секретар відділення академік О.О. Басєв) офіційно визнала саме наш відділ мікробіології очищення води ІКХХВ АН України «ведущим в стране по микробиологической очистке промышленных сточных вод» (лист № 123000-2216/128 від 23.03.1988).

Таким чином, можна однозначно стверджувати, що немає підстав говорити про неефективність спроб деноксації хімічних патогенів у навколишньому середовищі. Потрібно звернути увагу також на те, що в довкіллі, як тепер достеменно встановлено міжнародною науковою спільнотою, немає хімічних патогенів, які не можна було б знешкодити за допомогою мікроорганізмів.

Насамкінець, біотехнологія дозволяє також знешкоджувати, попереджаючи медичні збитки, не тільки хімічні, а й біологічні патогени – збудники заразних хвороб – за рахунок пробіотичних бактерій, а також трофічних ланцюгів і сіток.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Биологическая очистка сточных вод производства анида (найлона – 66) / П.П. Гвоздяк, В.У. Никоненко, Т.П. Чеховская, С.М. Федорик // Химия и технология воды. – 1990. – Т. 12, №8. – С. 748-751.
2. Биологическая очистка сточных вод производства полиизоцианатов / П.И. Гвоздяк, Н.И. Куликов, Т.П. Чеховская [и др.] // Химия и технология воды. – 1989. – Т.11, № 5. – С. 465 – 466.
3. Биологическая деструкция фенола, формальдегида, и нефтепродуктов в промышленных сточных водах / В.У. Никоненко, Т.П. Чеховская, С.М. Федорик, П.И. Гвоздяк // Химия и технология воды. – 1993. – Т. 15, № 5. – С. 389-392.
4. Биотехнология очистки сточных вод производства древесно-волоконистых плит / Н.Б. Загорная, П.И. Гвоздяк, Г.Н. Никовская [и др.] // Химия и технология воды. – 1992. – Т. 14, № 6. – С. 452-458.
5. Вимоги до стоків та реалії / П.І. Гвоздяк, Л.І. Глоба, О.О. Любовіна, В.Г. Михайленко // Збірник наук. ст. III Міжнар. наук.-практ. конф. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення». – Харків, 2007. – С. 362-365.
6. Восстановление 3-нитрофталевого гидразида *Clostridium acetobutylicum* / П.И. Гвоздяк, И.Е. Калинин, Н.Ф. Могилевич, Т.М. Ткачук // Микробиол. журнал. – 1990. – Т. 52, № 5. – С. 23-25.
7. Гвоздяк П.І. Відновлення тринітрофенолу денітрифікуючими бактеріями / П.І. Гвоздяк, Н.Ф. Могилевич, М.М. Ротмістров // Микробиол. журнал. – 1974. – Т.36, № 4. – С. 424-428.
8. Гвоздяк П.І. За принципом біоконвеєра. Біотехнологія охорони довкілля / П.І. Гвоздяк // Вісник НАН України. – 2003. – № 3. – С. 29-36.
9. Гвоздяк П.И. Микробная деструкция аминов / П.И. Гвоздяк, Т.П. Чеховская, В.У. Никоненко // Химия и технология воды. – 1995. – Т. 17, № 5. – С. 553-555.
10. Гвоздяк П.И. Микробное разрушение анилина / П.И. Гвоздяк, Т.П. Чеховская, В.У. Никоненко // Химия и технология воды. – 1985. – Т.7, № 2. – С. 84-85.
11. Гвоздяк П.И. Трансформация п-нитрохлорбензола *Escherichia coli* / П.И. Гвоздяк, Н.Ф. Могилевич, А.Б. Таширев // Микробиология – 1983. – Т. 52, № 1. – С. 22-26.
12. Гончарук Є.Г. Комунальна гігієна / Є.Г. Гончарук. – К.: Здоров'я, 2003. – 728с.
13. Диэтаноламин – источник азота при биологической очистке сточных вод газоперерабатывающего завода / М.Б. Цинберг, Т.А. Сургина, Г.В. Пастухова, П.И. Гвоздяк // Химия и технология воды. – 1986 – Т. 8, № 4. – С.79-80.
14. Дмитренко Г.Н. Альтернативные акцепторы электронов при окислении органических веществ микроорганизмами в очистке воды / Г.Н. Дмитренко, П.И. Гвоздяк // Химия и технология воды. – 1991. – Т. 13, № 9. – С. 857-861.
15. Дмитренко Г.Н. Биотехнология очистки высококонцентрированных сточных вод от органических растворителей / Г.Н. Дмитренко, П.И. Гвоздяк // Химия и технология воды. – 2002. – Т. 24, № 2. – С. 185-190.
16. Дмитренко Г.Н. Микроорганизмы – деструкторы гетероциклических ксенобиотиков: автореф. дис. канд. биол. наук. – Минск, 1985. – 16с.
17. Загорная Н.Б. Коллекция микроорганизмов-деструкторов Института коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины / Н.Б. Загорная, Л.Ф. Овчаров, П.И. Гвоздяк // Химия и технология воды. – 1995. – Т. 17, № 1. – С. 92-97.
18. Имобилизация микробных клеток и ферментов с целью очистки воды от гексаметилендиамина / Н.Ф. Могилевич, Т.П. Чеховская, М.Н. Ротмистров, П.И. Гвоздяк // Биотехнология и биоинженерия. – 1978. – Т. 2. – С. 114 – 115.
19. Использование биотехнологии очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Г.Н. Дмитренко, Л.Ф. Овчаров, К.М. Курдюк, П.И. Гвоздяк // Химия и технология воды. – 1997. – Т. 19, № 5. – С.544-548.
20. Кривец І.А. Ріст дріжджів на середях з додецилсульфатом натрія / І.А. Кривец, С.С. Ставська, М.Н. Ротмістров // Микробиол. журнал. – 1982. – Т. 44, № 6. – С. 29-33.
21. Мас-спектральне дослідження мікробної деструкції фенатрену / Я.М. Сорока, Л.С. Самойленко, М.І. Павленко [та ін.] // Катализ и нефтехимия. – 2003. - № 12. – С. 59-67.
22. Микробиологическая очистка воды от поверхностно-активных веществ / С.С. Ставская, В.М. Удод, Л.А. Таранова, И.А. Кривец. – К.: Наукова думка, 1988. – 184с.
23. Микробиологическая трансформация п-нитрофенола бактериями родов *Bacillus* и *Pseudomonas* / П.И.Гвоздяк, Ливке В.А., Удод В.М. [и др.] // Микробиол. журнал. – 1982. – Т.44, № 1. – С. 12-15.
24. Микробиологический метод очистки сточных вод, содержащих смесь неионогенных ПАВ / В.М. Удод, С.К. Шапар, Н.И. Подорван [и др.] // Химия и технология воды. – 1985. – Т. 7, № 1. – С. 80-81.
25. Микроорганизмы – деструкторы ряда неионогенных поверхностно-активных веществ / В.М. Удод, Н.И. Подорван, Г.С. Венгжен, П.И. Гвоздяк // Микробиология – 1983. – Т.52, № 3. – С. 370-374.
26. Микроорганизмы, разрушающие пара-нитроанилин / В.М. Удод, М.Н. Ротмистров, Ц.И. Роговская, П.И. Гвоздяк // Микробиология. – 1972. – Т.41, № 2. – С. 213-218.
27. Могилевич Н.Ф. Разрушение пикриновой кислоты микроорганизмами / Н.Ф. Могилевич, П.И. Гвоздяк // Научные основы технологии очистки воды. – К.: Наукова думка, 1973. – С. 64-65.
28. Никоненко В.У. Изучение ферментативной деструкции гексаметилендиамина бесклеточным экстрактом из *Bacillus subtilis* / В.У. Никоненко, А.А. Рой, П.И. Гвоздяк // Прикладная биохимия и микробиология. – 1981. – Т.17, вып. 1. – С. 141-143.
29. О биохимическом разрушении нитроанилина / П.И. Гвоздяк, М.Н. Ротмистров, Т.П. Чеховская,

Ж.Ф. Батагова // Водоподготовка и очистка промышленных стоков. – К.: Наукова думка, 1972 – С. 34-37.

30. Опытные – промышленные испытания микробиологического метода очистки сточных вод от гексаметилендиамина / П.И. Гвоздяк, А.А.Рой, И.Н. Даценко [и др.] // Химия и технология воды – 1982. – Т. 4, № 1. – С. 68-70.

31. Очистка дрожжами метанолсодержащих сточных вод / П.И. Гвоздяк, М.Б. Цинберг, А.Д. Денис, О.Н. Ерзикова // Химия и технология воды. – 1986. – Т. 8, № 3. – С. 93-94.

32. Очистка фенолсодержащих сточных вод закрепленными микроорганизмами / П.И. Гвоздяк, Н.Ф. Могилевич, Н.И. Куликов [и др.] // Химия и технология воды. – 1989. – Т.11, № 1. – С.73-75.

33. Рильський О.Ф. Різноманіття біоти на носіях - фактор адсорбції іонів важких металів в очисних спорудах / О.Ф. Рильський, О.В. Шерстобоева, П.І. Гвоздяк // Агроєкологічний журнал. – 2010. – № 2. – С. 68-72.

34. Ротмистров М.Н. Бактериальное разложение гексаметилендиамина / М.Н. Ротмистров, А.А. Рой, П.И. Гвоздяк // Прикладная биохимия и микробиология – 1977. – Т. 13, вып. 3. – С. 479-482.

35. Ротмистров М.Н. Микробиология очистки воды / М.Н. Ротмистров, П.И. Гвоздяк, С.С. Ставская // К.: Наукова думка, 1978. – 268 с.

36. Ротмистров М.Н. Микробная деструкция синтетических органических веществ / М.Н. Ротмистров, П.И. Гвоздяк, С.С. Ставская. – К.: Наукова думка, 1975. – 224с.

37. Саблій Л.А. Дослідження кінетики процесів біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод шкірзаводів / Л.А. Саблій, О.М. Бунчак, П.І. Гвоздяк // Вісник Київ. нац. ун-ту технологій та дизайну. – 2010. – Т. 3, № 5. – С. 36-42.

38. Селекция микроорганизмов-деструкторов алкилбензолсульфатов / С.С. Ставская, Л.А. Таранова, О.С. Радченко, М.Н. Ротмистров // Химия и технология воды. – 1982. – Т. 4, № 4. – С. 368-370.

39. Сорока Я.М. Штами *Pseudomonas fluorescens* 3 та *Arthrobacter* sp.2 – деструктори полі циклічних ароматичних вуглеводнів / Я.М. Сорока, Л.С. Самойленко, П.І. Гвоздяк // Мікробіол. журнал. – 2001. – Т. 63, №3. – С. 65-70.

40. Ставская С.С. Биологическое разрушение анионных ПАВ. / С.С. Ставская. – К.: Наукова думка, 1981. – 116с.

41. Ставская С.С. Влияние условий культивирования на деструкцию алкилсульфатов *Pseudomonas* sp. 2 Т/1 / С.С. Ставская, Л.А. Таранова // Прикладная биохимия и микробиология. – 1985. – Т. 17, № 2. – С. 300-304.

42. Ставська С.С. Мікроорганізми для очистки стічних вод від поверхнево-активних речовин / С.С. Ставська, Л.А. Таранова // Вісник АН УРСР. – 1982. - № 8. – С. 79-80.

43. Таширев А.Б. Микробная очистка воды от п-нитрохлорбензола в анаэробных условиях / А.Б. Таширев, С.А. Тихненко, В.И. Нездойминов // Химия и технология воды. – 1982. – Т.4, № 5. – С. 473-480.

44. Трансформация диэтиленгликоля микроорганизмами в многосекционном биореакторе / П.И. Гвоздяк, Л.И. Несынова, В.М. Удод [и др.] // Химия и технология воды. – 1990. – Т. 12, №7. – С. 652-654.

45. Шандала М.Г. Гигиена как научная и практическая основа профилактической медицины / М.Г. Шандала // Медичні перспективи. – 2011. - № 6. – 4-7.

46. Alexander M. Nonbiodegradable and other recalcitrant molecules / M. Alexander // *Biothechnol. Bioeng.* – 1973. – 1973. – Vol. 15, N 4. – P. 611-647.

