

СУЧАСНІ ІННОВАЦІЇ РИНКУ БІОТЕХНОЛОГІЙ: ПЕРЕВАГИ ТА ЕКОНОМІЧНА ВИГОДА

©2023 СМІРНОВА Г. Ф., ЩЕТИНІНА О. К., КОТЛЯР В. Ю.

УДК 579; 504.03; 502
JEL: L65; O39; Q26; Q57

Смирнова Г. Ф., Щетиніна О. К., Котляр В. Ю. Сучасні інновації ринку біотехнологій: переваги та економічна вигода

Забруднення навколишнього середовища внаслідок антропогенної діяльності в багатьох регіонах планети та, зокрема, в Україні досягло критичного рівня. Так, ускладнилась ситуація в галузі переробки, утилізації й, особливо, знезараження відходів різного походження, що призводить до регулярних аварій на комунальних очисних спорудах стічних вод і сміттєзвалищах. Один із основних напрямів вирішення зазначених проблем полягає в розробці біопрепаратів високої ефективності, спрямованих на мінімізацію та нейтралізацію негативних наслідків забруднення довкілля. Задля створення таких біопрепаратів, конкурентних на світовому ринку біотехнологій, на основі оригінальних вітчизняних методик проведено системне дослідження золотшляхових відходів та впливу різних типів культур мікроорганізмів щодо їх нейтралізації. У тому числі: проведено аналіз статистичних даних щодо періодів самоочищення ґрунтів і вод; проаналізовано результати використання біопрепаратів для очищення вигрібних ям, переробки харчових відходів, компостних ям, фермерських угідь та забрудненої води; проведено порівняльний аналіз витрат під час використання хімічного та біотехнологічного методів очищення стоків із подальшим розрахунком економічного ефекту; проаналізовано вихідні дані вугільного пилу з державної ТЕЦ з метою обґрунтування доцільності його подальшої обробки як для добування рідкісних мікроелементів, так і для зниження рівня екологічної шкоди; запропоновано та досліджено вітчизняні біопрепарати для вирішення проблем роботи комунальних споруд очищення побутових стічних вод, очищення водою та для ліквідації аварійних виливів нафтопродуктів на ґрунт і у воду; розраховано економічну ефективність застосування біотехнологій порівняно із хімічним методом очищення води. На основі отриманих даних пропонується схема використання біопрепаратів для утилізації відходів, поліпшення врожайності, ліквідації аварій безпечними для людей, тварин і довкілля методами.

Ключові слова: ринок біотехнологій, біоресурсні компоненти та препарати, статистичний і факторний аналіз, математичне моделювання біосистем, антропогенні чинники довкілля.

Табл.: 1. **Бібл.:** 23.

Смирнова Галина Федорівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фізіології промислових мікроорганізмів, Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України (вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143, Україна)

E-mail: gf-smirnova@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9402-9821>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=13807307800>

Щетиніна Олена Константинівна – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувачка кафедри вищої та прикладної математики, Державний торговельно-економічний університет / Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото, 19, Київ, 02156, Україна)

E-mail: o.shchetinina@knu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7295-1126>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/B-8993-2019>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=14523782600>

Котляр Валерій Юрійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики, Державний торговельно-економічний університет / Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото, 19, Київ, 02156, Україна)

E-mail: v.kotlyar@knu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1736-8277>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-1258-2018>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005605392>

UDC 579; 504.03; 502
JEL: L65; O39; Q26; Q57

Smirnova G. F., Shchetinina O. K., Kotlyar V. Yu. Current Innovations of the Biotechnology Market: The Advantages and Economic Benefits

Environmental pollution due to anthropogenic activity in many regions of the planet and, in particular, in Ukraine has reached a critical level. Thus, the situation in the field of processing, utilization and, especially, disinfection of waste of various origins has become more complicated, which leads to regular accidents at municipal wastewater treatment plants and landfills. One of the main directions of solving these problems is the development of high-efficiency biological products aimed at minimizing and neutralizing the negative effects of environmental pollution. In order to create such biological products, competitive in the world market of biotechnology, on the basis of original domestic methods, a systematic study of ash and slag waste and the impact of various types of cultures of microorganisms on their neutralization was carried out. The study included the following: analysis of statistical data on periods of self-purification of soils and waters; analysis of the results of the use of biological products for cleaning cesspools, food waste processing, compost pits, farmland and polluted water; a comparative analysis of costs during the use of chemical and biotechnological methods of wastewater treatment with the subsequent calculation of the economic effect; analysis of the initial data of coal dust from the state CHP in order to substantiate the feasibility of its further processing both for the extraction of rare trace elements and to reduce the level of ecological damage; proposal and research of domestic biological products to solve the problems of municipal facilities for the purification of domestic wastewater, purification of water bodies and to eliminate emergency spills of petroleum products on the soil and water; computation of the economic efficiency of biotechnology application in comparison with the chemical method of water purification. On the basis of the data obtained, a scheme for the use of biological products for waste disposal, yield improvement, and accident elimination by methods safe for people, animals and the environment is proposed.

Keywords: biotechnology market, bioresource components and products, statistical and factor analysis, mathematical modeling of biosystems, anthropogenic environmental factors.

Tabl.: 1. **Bibl.:** 23.

Smirnova Galina F. – PhD (Biology), Senior Research Fellow of the Department of Physiology of Industrial Microorganisms, D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine (154 Akademika Zabolotnoho Str., Kyiv, 03143, Ukraine)

E-mail: gf-smirnova@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9402-9821>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=13807307800>

Shchetinina Olena K. – D. Sc. (Physics and Mathematics), Professor, Head of the Department of Higher and Applied Mathematics, State University of Trade and Economics / Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., Kyiv, 02156, Ukraine)

E-mail: o.shchetinina@knote.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7295-1126>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/B-8993-2019>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=14523782600>

Kotlyar Valerij Yu. – PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher and Applied Mathematics, State University of Trade and Economics / Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., Kyiv, 02156, Ukraine)

E-mail: v.kotlyar@knote.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1736-8277>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/J-1258-2018>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005605392>

Антропогенне навантаження на довкілля в багатьох регіонах планети досягло рівня, небезпечного для здоров'я. Загрози глобальної катастрофи можна протиставити тільки системний перегляд відносин людини з природою, і це є неминучою умовою для виживання людства. Внаслідок такого розуміння й ініціативи ООН у 1983 р. створено Міжнародну комісію з довкілля та розвитку, яка сформулювала концепцію сталого розвитку суспільства та визначила його як такий, що задовольняє потреби нинішнього покоління, не ставлячи під загрозу можливості забезпечення потреб наступних генерацій. До глобальних питань міжнародна спільнота також відносить проблеми, пов'язані зі змінами клімату та деградацією озонового шару, накопичення токсичних хімікатів і відходів, стихійні лиха. Однією із основних причин критичного стану здоров'я населення є негативний вплив факторів довкілля. Останнім часом в Україні значно ускладнилась екологічна ситуація в галузі переробки, утилізації й, особливо, знезараження відходів різного походження. Це і критичний стан сміттєзвалищ, і регулярні аварії на комунальних очисних спорудах стічних вод, і відходи промисловості. Отже, важливого значення набувають дослідження на ринку біотехнологій та розробка біопрепаратів, які здатні очистити навколишнє середовище від шкідливого впливу на живі організми.

Серед дослідників цієї проблематики варто назвати вітчизняних науковців, як-от: Н. Ю. Голець, С. І. Христенко, Г. Ф. Смірнова, В. Б. Рибалка, А. М. Сердюк, В. П. Базика [1–5] та ін. Відстеженням впливу антропогенних чинників довкілля на стан здоров'я людини також займалися закордонні вчені, зокрема: В. F. Yu, K. Lundgren-Kownacki, J. A. Olsson, M. J. Mendell, H. Baghali et al. [6–9]. Зауважуючи вагомий внесок згаданих дослідників у вивчення особливостей стану навколишнього середовища, варто все ж зазначити, що питання дослідження рівня забруднення ґрунтів і вод залишається актуальним внаслідок появи нових

викликів і тенденцій розвитку світової промисловості, що має значний вплив на стан біоти. З огляду на це виникає завдання з вивчення інновацій на ринку біотехнологій і аналізу відходів виробництва через експертні дослідження.

Метою статті є аналіз сучасних інновацій ринку біотехнологій для визначення шляхів мінімізації та нейтралізації негативних наслідків за допомогою біопрепаратів.

Методологічною і теоретичною основою дослідження є загальнонауковий аналітичний метод, а також системний підхід із використанням праць провідних вітчизняних і закордонних учених у галузі вивчення стану ґрунтів, води та повітря, а також міжнародних нормативних і установчих актів [10; 11], результати вітчизняних і закордонних досліджень з проблем розвитку мікроорганізмів на відходах промисловості [2–4].

Проведено вивчення золошлакових відходів роботи Київської теплоелектроцентралі № 5 (ТЕЦ-5) біотехнологічним методом з використанням різних культур для пошуку оптимального виявлення мікроелементів.

Розраховано економічну ефективність застосування біотехнологій проти хімічного методу очищення води. Проведено аналіз статистичних даних щодо періодів самоочищення ґрунтів і вод. Проаналізовано результати використання біопрепаратів для очищення вигрібних ям, переробки харчових відходів, компостних ям, фермерських угідь та забрудненої води. Обробку даних здійснено методами статистичного аналізу – кореляційним і факторним.

Розвиток і впровадження новітніх технологій полегшують життя як кожної людини, так і суспільства в цілому. Однак за більш детального вивчення наслідків використання «зручностей» виявляються різноманітні чинники, що негативно впливають на біоту та здоров'я людини. Перманент-

ний аналіз впливу тих чи інших факторів є необхідним для збереження умов проживання наступних поколінь усіх живих організмів. Сучасні препарати ринку біотехнологій спроможні досягти високих результатів. Але в Україні їх масштабне впровадження стикається зі значними перешкодами. Для досягнення найкращих результатів обов'язково вважається співпраця державних і міжнародних науково-дослідних інститутів та приватних підприємств, які займаються дослідженнями в зазначеній галузі.

На полігонах твердих побутових відходів (надалі – ТПВ) накопичені значні обсяги надзвичайно токсичних фільтратів. До того ж, вважається, що деяке знешкодження їх налагоджене лише на полігоні ТПВ № 5 у м. Києві, проте й тут – з недостатньою потужністю. Майже щорічні скиди неочищених стоків у р. Сулу (Роменський р-н Сумської обл.), що спричиняють масовий замор риби в спекотний період, уже перетворилися практично на традицію [12]. Екологічна катастрофа в м. Ізмаїл (Одеська обл.) може повторюватися під час будь-якої повені [13], бо наявні системи водовідведення (і не тільки в Ізмаїлі) не враховують сучасних змін клімату та складу стічних вод, через що і не використовують сучасних розробок вітчизняних науковців. В окремих випадках не має сенсу проводити реконструкцію очисних споруд, а достатньо змінити склад мікрофлори та вжити окремих технологічних заходів, щоб підвищити ефективність процесу очищення стоків і досягти безпечних для довкілля показників.

Фільтрати полігонів твердих побутових відходів, а тим більше їх концентрат (на прикладі ТПВ-5) і осад комунальних споруд очищення побутово-виробничих стічних вод, накопичений на полях фільтрації, можна розглядати як техногенні поклади поліметалів, що утворилися внаслідок скиду стоків гальванічних та інших промислових виробництв.

Нафта та нафтопродукти є найбільш поширеними забруднювачами навколишнього середовища, які дуже важко вилучаються з довкілля. Це зумовлено їхніми фізико-хімічними властивостями та хімічним складом. Залежно від кількості та складу нафтопродуктів, що потрапили у ґрунт, відновлення якості забрудненого біоценозу може тривати 15–20 років [14].

Зниження вмісту нафтопродуктів у ґрунті до залишкового можна отримати термічними, фізико-хімічними та біологічними методами [14]. Проте руйнування нафтопродуктів можливе лише під впливом мікроорганізмів. Інтенсифікувати цей процес вдається внесенням у забруднений ґрунт мікроорганізмів-деструкторів, кількість яких визначається рівнем нафтового забруднення. Водночас у ґрунт вводяться додаткові джерела нітрогенного та фосфорного живлення, а також інертні носії, що поліпшують аерацію в місцях нафтового забруднення та забезпечують періодичне зволоження. Самоочищення об'єкта, тоб-

то вилучення 87–97% нафти, відбувається за 40–360 днів, залежно від складу та концентрації забруднювачів (без обробки – 15–20 років) [14]. З огляду на це пошук ефективних бактерій, здатних знешкоджувати нафтове забруднення та повертати якість ґрунту в місцях видобутку нафти, на станціях заправки автотранспорту, станціях хімічної обробки ґрунту в сільському господарстві, хімічних, машинобудівних підприємствах, колишніх військових полігонах до рівня використання в сільськогосподарській діяльності, є вкрай актуальним.

Іншою продуктивною біотехнологією є процес знешкодження компонентів твердого ракетного палива та інших вибухових і запальних сумішей. Міжнародна угода про скорочення озброєнь актуалізувала глобальну проблему утилізації цих небезпечних відходів [11]. Основними токсичними компонентами тут є солі хлорної та хлоратної кислот – хлорати і перхлорати, хромати та сполуки інших важких металів. Тверде ракетне паливо містить 14–70% амоній перхлорату – надзвичайно стійкої хімічної речовини, яку можна зруйнувати виключно внаслідок вибуху. Наявні технології вилучення твердого ракетного палива базуються на вимиванні його водою під високим тиском, внаслідок чого утворюються стічні води, що містять 10–13% перхлоратів [3].

Екологічно прийнятних методів знешкодження таких розчинів немає. Вони можуть бути нейтралізовані лише за допомогою бактеріальних штампів, які відновлюють сполуки п'яти- та семивалентного хлору до нетоксичних хлоридів. Саме тому вивчення бактерій, що у своєму метаболізмі використовують і руйнують ці небезпечні сполуки, є вкрай актуальним. Проведена робота показала, що бактерії, які знешкоджують неорганічні ксенобіотики, широко розповсюджені в природних і техногенних субстратах, незалежно від рівня їхнього забруднення. Для аналізу відібрано активні штами хромат-, хлорат-, перхлорат-редукторів. Найактивніші штами віднесено до видів *Aerococcus dechloraticans*, *Acinetobacter thermotolerantius*, *Aeromonas dechromatica*, *Pseudomonas putida*. Для них оптимізовано умови вирощування (джерела вуглецю, рН, Eh, t°), а також умови для максимального знешкодження неорганічних оксигеновмісних аніонів та досліджено фізіологію росту цих мікроорганізмів у періодичному та проточному режимах культивування. Це дало змогу створити промислові технології знешкодження таких забруднювальних речовин. Найпоширеніша технологія очищення забруднених перхлоратами вод – йонний обмін, коли утворюються концентровані розчини перхлоратів, нітратів та інших негативно заряджених йонів, які мають бути очищені перед скидом у навколишнє середовище. Мікробіологічна обробка є найбільш ефективною й економічно вигідною. Основною проблемою для мікробного очищення таких вод є висока солоність

ропи (зазвичай більш ніж 6%), що інгібує діяльність переважної більшості специфічних бактерій. Запропонований штамп може відновлювати перхлорати в діапазоні 3–10% солоності [3].

Головним джерелом надходження важких металів у водойми через мережу водовідведення є технологічні стічні води та відпрацьовані розчини електролітів промислових підприємств. Водночас найбільш широкий спектр забруднення за складом і концентраціями дають стічні води гальванічних виробництв. 60% таких стоків надходять у міську каналізацію без очищення, чим можуть у 1,8–9 разів знизити окисний потенціал біоценозів аеротенків та метантенків. У разі недостатнього очищення стоків важкі метали потрапляють у водойми, накопичуються в тілах одноклітинних організмів і по трофічних ланцюгах потрапляють в організм людини, спричиняючи алергічні захворювання, бронхіальну астму, емфізему легень, порушуючи репродуктивні функції, окисно-відновні реакції, призводять до новоутворень [15].

Перхлорати (ClO_4^-) – дуже поширені забруднювачі, що спричиняють незворотний вплив на життя, здоров'я та розвиток багатьох живих істот. Вони інгібують поглинання щитоподібною залозою йоду з крові, який необхідний для синтезу гормонів, незамінних для росту та метаболізму [3].

Більшість підприємств і владних структур застосовують закордонні біотехнології, практично ігноруючи досягнення вітчизняних учених, що не поступаються, а часто й перевершують за ефективністю закордонні аналоги. Так, для знешкодження стічних вод гальванічного виробництва використовуються реагентні, йонообмінні, електрохімічні способи. Основними недоліками цих методів є чималі витрати на реагенти та йонообмінні матеріали, споживання великої кількості електроенергії, утворення значних обсягів шламів, помітне підвищення мінералізації очищеної води, внаслідок чого виникає потреба у величезній кількості чистої питної води для розведення знешкоджених стоків до нормативів щодо вмісту солей перед скидом до муніципальних очисних споруд. Біохімічний спосіб знешкодження металовмісних стоків, який розроблено в Україні, позбавлений цих недоліків. Мікробна біотехнологія очищення стічних вод від важких металів базується на здатності штаму *Pseudomonas sp.*, стійкого до значних концентрацій шестивалентного хрому, відновлювати його до тривалентного стану та переводити в нерозчинний хром гідроксид, який вилучається з очищеної води. Інші важкі метали, що можуть також міститися у стічних водах, вилучаються у вигляді нерозчинних осадів, які утворюються під дією водороду сульфідів, виробленого запропонованим штамом. Собівартість очищення в такий спосіб нижче за очищення хімічним шляхом у 48 разів, електрохімічним – у 73, йонообмінним – у 112, гіперультрафільтрацій-

ним – у 187 разів. Витрати на очищення $1,0 \text{ м}^3$ стічної води біологічним методом у 10–40 разів нижчі за витрати в разі традиційних способів обробки. Кількість шламів, що утворюється, у 130 разів менша, ніж за хімічного способу знешкодження. Перевірка методу у промислових умовах показала надійну ефективність очищення стічних вод біохімічним методом, водночас зі стоків вилучається, %: 97,5–99 шестивалентного хрому, 96 – Ніколю, 95 – Феруму. Мінералізація нейтралізованих стічних вод зменшується на 7–10% проти початкової. Технології очищення стічних вод від важких металів притаманна гнучкість, тобто можливість пристосувати її під конкретні умови того чи іншого підприємства [16].

Суттєвою перевагою біохімічних методів очищення стоків є скорочення на 60–85% потреби в реагентах, зниження на 50–75% витрат електроенергії. Вміст солей у знешкоджених стічних водах на 25% нижчий, ніж перед очищенням. Відходи, які утворюються внаслідок знешкодження біологічним способом, дуже часто можуть використовуватися як компоненти у промислових процесах майже без додаткової обробки. Для деяких хімічних сполук (наприклад, оксигенових сполук хлору, які широко використовуються більш ніж у 150 галузях виробництва) біохімічний спосіб знешкодження є єдиною можливістю [16].

Для розрахунку економічної вигоди використання біотехнологій у процесі очищення стічних вод проведено порівняння з хімічним методом. За потужності очисних споруд $5 \text{ м}^3/\text{год}$ і концентрації хрому(VI) $60,0 \text{ г}/\text{м}^3$ технологічна схема хімічного очищення води від хрому(VI) містить підкиснення стоків до рН 2, відновлення хрому(VI) натрій бісульфітом, осадження Cr(III) вапном при рН 9. Для проведення процесу вода підкиснюється сульфатною кислотою з рН 5 до рН = 2 (доза H_2SO_4 100% активності дорівнює $490 \text{ г}/\text{м}^3$) з урахуванням активності товарної кислоти (75%; доза дорівнює $653 \text{ г}/\text{м}^3$). У разі 16-годинної зміни та 242 робочих днів на рік і вартості 1 тонни кислоти 19 тис. грн річні витрати (Sc) становлять 285 тис. грн. Відповідно до п. 6. 277 СНіП 2.04.03–85 [10] на одну вагову частку хрому(VI) потрібно 7,5 вагових часток натрій бісульфіту. Тоді необхідна кількість його дорівнює 8,42 т/рік (100% активність). З урахуванням товарної (92%) активності річна кількість натрій бісульфіту дорівнює 9,8 т. За вартості 70 грн/т витрати (Sб) становлять 686 тис. грн/рік. Для підлужування очищених від хрому(VI) вод застосовувалося негашене вапно. Доза вапна 100% активності для доведення рН до 9 та осадження хрому(III) з коефіцієнтом запасу 1,1 дорівнює $447 \text{ г}/\text{м}^3$, а з урахуванням активності (30%) – $1,49 \text{ кг}/\text{м}^3$. Кількість вапна за зміну за рік – 28,3 тонни. Вартість вапна – 6860 грн/т, тобто річна його вартість (Sв) – 194 тис. грн/рік. Загальні витрати (S) на реагенти розраховуються за формулою:

$$S = S_c + S_b + S_6,$$

$$686 + 194 + 285 = 1165 \text{ тис. грн/рік.}$$

Вміст солей у водопровідній питній воді у м. Києві – 720 мг/дм³, промивних хромвмісних вод – 890 мг/дм³, очищених хімічним методом – 3210 мг/дм³, біохімічним методом – 920 мг/дм³ [16].

Для очищення хімічним способом актуальні такі розрахунки: задля скиду 1 м³/год промивних вод необхідно 11,45 м³/год питної води для розведення знешкоджені води з метою відповідності вимогам до скиду очищених вод у каналізацію за потужності 5 м³/год – 57,25 м³/год:

$$57,25 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 24 \text{ год} \cdot 242 \text{ роб. дні} = 332 \text{ 508 м}^3/\text{рік.}$$

За вартості 1 м³ води для підприємств 13,34 грн [17] витрати на розбавлення дорівнюють:

$$332 \text{ 508 м}^3/\text{рік} \cdot 13,34 \text{ грн} = 4435,656 \text{ тис. грн/рік.}$$

Отже, сумарний економічний ефект по експлуатаційних затратах становить:

$$4435,656 - 1165 = 3270,656 \text{ тис. грн/рік.}$$

Таким чином, використання біотехнологій під час очищення стічних вод має не тільки екологічну, а й значну економічну вигоду.

Також важливою проблемою є відходи енергетичного сектора. За останніми дослідженнями аналітичного центру Ember від 25 травня 2021 р., Україна, разом із Туреччиною та країнами Західних Балкан, посіла «провідне» місце в Європі із забруднення повітря – на рівні 72% загальноєвропейського внеску. Забруднення повітря (суміш газоподібних і твердих часточок) загрожує здоров'ю людини та стає причиною значної кількості передчасних смертей [18]. Також відходи займають майже 100 тис. га родючих ґрунтів, а з опадами шкідливі елементи та їх сполуки потрапляють у підземні води. До забруднювальних речовин належать тверді часточки (ТЧ), діоксид сірки (SO₂) та оксиди азоту (NOx).

В Україні розміщено понад 50 електростанцій, що працюють на твердому паливі. Залежно від технологічного обладнання, умов підготовки палива та прийнятих режимів спалювання на кожну тонну вугілля припадає від 140 до 250 кг твердого мінерального залишку, що призвело до накопичення 2,5 млрд т відходів, утворених під час видобутку та спалювання вугілля, зі щорічним збільшенням обсягу на 1–2 млн т. Проблема розміщення та тривалого зберігання техногенного залишку теплоенергетики ускладнюється вкрай неефективним його використанням, оскільки в переробку надходить не більше 5% загальної маси у вигляді добавки при виробництві будівельних матеріалів. Водночас хімічний склад цих відходів дає змогу розглядати їх як техногенні поклади, які від природних відрізняються лише тим, що їхні обсяги щорічно збільшуються [19].

Доведено, що зола вугілля багата на оксиди Алюмінію (15–25%), Феруму (6–15%), Силіцію (40–

60%), а також містить у вигляді мікродобавок близько 50 елементів Періодичної системи хімічних елементів. У золошлаках електростанцій, що працюють на кам'яному та бурому вугіллі, міститься значна кількість рідкоземельних (Германій, Галій, Ітрій, Скандій, Ніобій, Тантал, Цирконій тощо), дорогоцінних (Аурум, Платина, Паладій) і кольорових металів, що дає змогу розглядати ці відходи як техногенне джерело цих металів, концентрація яких у них часто перевершує вміст у природних копалинах. Для деяких елементів, як-от Германій і Ванадій, зола від спалювання вугілля є основним джерелом для видобутку. У вугільній золі міститься багато отруйних елементів (Телур, Арсен, Селен, Меркурій) [20].

Утабл. 1 наведено вміст хімічних елементів, вилучених зі зразків пилу з вугільних фільтрів, та динаміку виявленої кількості кожного з них залежно від вирощених на цих зразках мікроорганізмів. Накопичувальні культури аборигенної мікрофлори отримано на: продуктах спалювання мазуту в опалювальній системі (7); вугільному перегарі ТЕЦ-5 (8); вмісті фільтрів уловлювання на ТЕЦ-5 (9); сміттєспалювальному заводі у м. Києві (10); відходах переробки мідної вторинної сировини (11); зразках хвостових залишків руди золотовидобувного українського підприємства та в Південно-Африканській республіці (відповідно 12, 13); перегарі вугілля з приватного господарства (14).

Мікроорганізми харчуються сприятливими для них часточками, водночас змінюючи властивості середовища їхнього існування. Так, деякі з мікроелементів під дією кислот проявляють себе в більшій кількості або стають більш розчинними і можуть вимиватися з розчином, який використовувався під час дослідження. У стовпчику «Контроль» показано вміст мікроелементів одразу після взяття проби. У наступному – вплив на мікроелементи аборигенних мікроорганізмів (які жили в цьому середовищі), в усіх інших – вплив деяких культур, вирощених у лабораторних умовах і підсаджених у це середовище.

До рідкісних мікроелементів, які в природі важко видобути та які проявляються в результаті життєдіяльності мікроорганізмів, відносять сполуки Ванадію (V). Ванадій та його сполуки застосовують у багатьох індустріальних процесах. Його використовують переважно як домішки у виробництві сталі, що додає їй міцності та підвищеної стійкості до механічного навантаження. Ванадій також відіграє роль зв'язувального агента в титанових сплавах в аерокосмічній індустрії. Сполуки Ванадію мають важливе значення в каталізі деяких окиснювальних реакцій, насамперед під час одержання фталевого ангідриду та сульфатної кислоти, а також у виробництві пестицидів, барвників і пігментів у текстильній та керамічній промисловості. У навколишнє середовище Ванадій може потрапляти природним шляхом (виви-

Зміна вмісту хімічних елементів під впливом накопичувальних культур

Елемент	Вміст елементів у зразках пилу з вугільних фільтрів, мг/кг								
	Контроль	7	8	9	10	11	12	13	14
Mn	300	400	1000	1000	800	600	800	400	600
Ni	100	200	300	300	250	300	250	100	150
Co	10	30	30	–	20	30	40	30	–
Ti	1500	2000	4000	2500	–	1000	2500	1000	2000
V	150	150	300	–	–	200	250	300	250
Cr	300	150	400	–	300	300	300	250	300
Mo	5	3	5	–	–	10	8	5	6
Zr	100	80	300	100	–	50	100	80	100
Nb	5	5	–	5	5	3	4	5	–
Cu	300	100	200	–	100	–	–	300	150
Pb	5	80	100	–	100	100	80	60	80
Ag	1	1	2	–	1	–	2	1	3
Bi	–	2	3	–	–	2	2	–	–
Zn	50	100	–	–	–	210	–	–	–
Sn	2	6	5	8	–	–	6	5	6
Ge	3	100	–	–	60	100	–	80	80
Ga	–	10	20	30	20	30	20	10	20
Be	10	1	5	2	1	–	2	1	1
Sc	50	10	40	10	6	–	10	8	10
Ce	–	–	–	–	–	–	–	–	–
La	80	20	50	–	–	–	–	–	–
Y	100	20	100	30	30	20	40	30	40
Yb	6	3	10	4	–	3	5	4	5
Ba	–	100	400	200	–	200	400	100	300
Li	300	80	300	300	200	100	200	100	200
P	600	–	600	–	–	600	–	–	–

Джерело: результати проб надано Інститутом мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

тряння порід чи вулканічний пил), але основним джерелом його надходження в довкілля є техногенні процеси, наприклад у повітря Ванадій вивільнюється головним чином через металургійну промисловість і спалювання нафтопродуктів і вугілля. Значна його кількість потрапляє в навколишнє середовище під час утилізації автомобільних каталізаторів. Йон п'ятивалентного Ванадію належить до токсичних сполук. Його токсичний ефект зумовлений насамперед тим, що, відновлюючись у клітинах, він стимулює утворення вільнорадикальних форм Оксигену, що може спричинити злоякісні новоутворення [21]. Редукція Ванадію (V) в анаеробних умовах забезпечує осадження елементу та може бути використана в процесі очищення забруднених стоків із високою концентрацією ванадату, а також для вилучення цього досить цінного металу під час утилізації відпрацьованих деталей.

На обстеженій ТЕЦ-5 спалювання вугілля відбувається за температури 1100–1600 °С. У процесі згоряння органічної частини вугілля утворюються леткі сполуки у вигляді диму та пари, а мінеральна частина палива виділяється як тверді залишки, утворюючи пиловидну масу (золу), а також кускові шлаки. Кількість твердих залишків для кам'яного та бурого вугілля коливається від 15 до 40%. Вугілля перед спалюванням подрібнюється, і в нього для кращого згоряння часто додають у невеликій (0,1–2%) кількості мазут. Під час згоряння подрібненого палива дрібні та легкі частинки золи виносяться димовими газами (золи виносу). Розмір частинок золи виносу коливається від 3–5 до 100–150 мкм. Кількість більших часток зазвичай не перевищує 10–15%. Вловлюється зола виносу зололовлювачами. Більш важкі частинки золи осідають на підтопці та сплаваються в кускові шлаки, що являють

собою агреговані частки золи розміром від 0,15 до 30 мм. Шлаки подрібнюються та видаляються водою. Зола виносення та подрібнений шлак змішуються, утворюючи золошлакову суміш [4].

У складі золошлакової суміші, крім золи та шлаку, постійно наявні часточки незгорілого палива (недопал), кількість якого становить 10–25%. Вміст золи виносу залежно від типу котлів, виду палива та режиму його спалювання може становити 70–85% маси суміші, шлаку – 10–20%. Золошлакова пульпа видаляється на золовідвал по трубопроводах [4].

Зола і шлак при гідротранспорті та на золошлаковідвалі взаємодіють з водою та вуглекислою повітря. У них відбуваються процеси трансформації. Вони швидко піддаються вивітрюванню й осушенню за швидкості вітру 3 м/с і починають порохити. Колір золошлаковідвалів темно-сірий, у розрізі шаруватий, зумовлений чергуванням зернистих шарів різного розміру, а також осадженням білої піни, що складається з алюмосилікатних порожнистих мікросфер. Золи ТЕЦ, що використовують кам'яне вугілля, якщо їх порівняти із золами ТЕЦ, що спалюють буре вугілля, відрізняються підвищеним вмістом оксидів Силіцію, Титану, Феруму, Магнію, Натрію, а шлаки – підвищеним вмістом оксидів Силіцію, Феруму, Магнію, Натрію і зниженим – оксидів Сульфуру, Фосфору тощо.

Загалом золи висококремністі, з досить високим вмістом алюмініїв. Кількість шкідливих і токсичних елементів перевищує допустимі значення, вміст Мангану, Ніколю, Хрому, Ванадію – на порозі токсичності. Водночас вміст Ауруму та Платини може досягати промислових значень, а іноді стає «ураганим». Великий інтерес викликають самородні елементи, серед яких встановлені: Плюмбум, Аргентум, Аурум, Платина, Алюміній, Купрум, Меркурій, Ферум, Ніколь-Ферум, хромфериди, різні сплави Купруму, Ніколю, Хрому (із Силіцієм) та інші. Їхні розміри – від одного до десятків мікрон. У свіжій золі вони несуть сліди термічної обробки (часткове оплавлення, сплав з іншими мінералами й агрегатами). У старій – нерідко відбувається їх самоочищення. Наявність крапельно-рідкої ртуті попри високу температуру згоряння вугілля – доволі поширене явище, особливо у складі важкої фракції продуктів збагачення. Ймовірно, цим пояснюється ртутне зараження ґрунтів у процесі використання ЗШО без спеціального очищення як добрива.

За складністю та багатокомпонентністю речового складу відходи ТЕЦ відповідають характеристикам техногенних родовищ, які можна переробляти відомими збагачувальними методами, з вилученням цінних компонентів і використанням отриманих продуктів для потреб країни та господарства. Розробка цього техногенного родовища може мати реальний економічний ефект, оскільки:

- ✦ відсутня необхідність створення та розвитку інфраструктури гірничого підприємства (здебільшого вирішено питання підведення електроенергії, води, логістики);
- ✦ корисні компоненти містяться в подрібненому стані на поверхні землі;
- ✦ можлива організація селективної виїмки золошлакового матеріалу, збагаченого мінералами чорних, рідкісних і кольорових металів, зосереджених у різних зонах намиву;
- ✦ продукти, отримані під час переробки золошлаків, поза сумнівом, знайдуть застосування та розширять ресурсний потенціал країни.

До вітчизняних дієвих інновацій ринку біотехнологій належать розроблені на замовлення ПП «Агробіотехнології» препарати для утилізації відходів та покращення врожайності [23]. До них належать біопрепарати для переробки вмісту септиків вигрібних ям і вуличних туалетів, для утилізації гною тварин і птахів (що знижує вміст патогенної мікрофлори, створює комфортні умови для розвитку тварин, знижує концентрацію сірководню). Оскільки використання інсектицидів та добрив на полях і городах при вирощуванні врожаю з метою підвищення врожайності спричинює додаткові забруднення ґрунтових вод, то актуальним і вкрай необхідним стає заміна їх на біопрепарати. Дані біопрепарати діють тільки на холоднокровні живі організми (до яких належать комахи), паралізуючи їх. У своєму складі всі препарати містять високоактивні специфічні мікроорганізми, здатні розкладати жири, білки та целюлозу (папір, листя, тирсу тощо), в різних співвідношеннях. Для підвищення ефективності роботи комунальних очисних споруд біопрепарат (модифікація С) вносять у найвіддаленіші каналізаційно-насосні станції з розрахунку 1 кг на 10 000 м³ стоків. Цим досягається:

- а) очищення колекторів від жирових та інших нашарувань і, відповідно, збільшення їх пропускної здатності;
- б) часткова деструкція органічних сполук (збільшення мікробіоти та іммобілізація мікроорганізмів на всіх поверхнях колекторів під час руху по колекторах стоків);
- в) включення мікрофлори біопрепарату в склад активного мулу (після надходження стічних вод в очисні споруди), що підвищує ефективність його роботи. Рекомендована періодичність внесення біопрепарату – 5–7 разів на місяць.

Для зниження навантаження на очисні споруди міста за рахунок скиду неочищених рідких відходів приватного сектора асенізаторськими підприємствами пропонується попереднє внесення біопрепарату (модифікація А) до вигрібних ям приватного сектора. Це дозволить:

- а) зменшити неприємні запахи (сморід) на обійсті;
- б) переробити на місці основну масу вигрібної ями, що дозволить з часом повністю відмовитися від послуг асенізаторів.

Модифікації В біопрепарату призначені для застосування у фермерських і приватних господарствах, спеціалізованих на вирощуванні худоби та птиці. При їх застосуванні знижується вміст у повітрі ферми сірководню, диметиламіну та аміаку, завдяки чому поліпшуються умови утримання худоби та птиці, збільшується приріст живої маси (4,6–8,4%); знешкоджується патогенна мікрофлора гною та зменшується потреба в застосуванні ветпрепаратів.

Розраховуємо економічну вигоду використання біопрепарату «Капелюхів ярк» для асенізації вигрібних ям. Згідно з [22] вартість даної послуги варіюється від 1 600 грн до 2 400 грн за 15 м³ вмісту. На такий самий об'єм необхідна кількість препарату становить 5 уп. · 30 грн = 150 грн, кожна з яких розрахована на 3 м³. При цьому утворюється приємна на запах рідина, з можливістю використання її як добрива. Таким чином, економічна вигода складає 1066%.

Використання розробленого та запровадженого в промислових масштабах препарату «Капелюхів ярк» різних модифікацій для переробки вмісту септиків та вигрібних ям орієнтоване на підвищення ефективності роботи комунальних споруд очищення побутових стічних вод, очищення водоєм тощо, а біопрепарат «ДЕСНА» призначений для ліквідації аварійних виливів нафтопродуктів на ґрунт і воду. Останній поєднує в собі властивості сорбенту гідрофобних рідин (нафтопродукти, жири) та їх деструктора. Препарат застосовувався при ліквідації аварій і є безпечним для людей, тварин і довкілля.

ВИСНОВКИ

Розвиток сучасних технологій досяг високого рівня та провокує значне забруднення навколишнього середовища. Проблема очищення вод, забруднених гальванічними стоками промисловості, має вирішуватися негайно. Використання інноваційних методів ринку біотехнологій дає можливість з максимальною результативністю знешкодити наслідки антропогенної діяльності. Розрахунки економічного ефекту використання біотехнологічного методу замість хімічного продемонстрували також фінансову вигоду при очищенні вод. Аналіз проб золошлаків, взятих із відходів Київської теплоелектроцентралі № 5, під впливом дев'яти видів накопичувальних культур показав здатність проявлятися в різних відношеннях, що дало змогу виділити мікроелементи, зокрема цінні для промисловості, які важко добути іншими методами. Виявилось, що за використання біотехнологій для нейтралізації відходів, які займають значні площі родючих земель і отруюють їх, можна отримати до-

хід внаслідок видобування необхідних хімічних елементів та їх сполук. Нині виділені та визначені мікроорганізми уможливають проводити детоксикацію важких металів, а розроблені основи біотехнологій інтенсифікують їх вилучення з розчинів.

Широкое впровадження таких біотехнологій дасть змогу переробляти високотоксичні небезпечні відходи, які містять важкі компоненти (зокрема, уран і рідкоземельні метали, перхлорати тощо). Вітчизняними науковцями розроблено якісні біотехнологічні продукти, здатні не тільки очищувати навколишнє середовище, але й приносити економічну вигоду. Проте їх використання на державному рівні гальмується ринковими умовами та відсутністю зацікавленості з боку держави. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Христенко С. І. Ґрунтова мікробіологія // Енциклопедія Сучасної України. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. 2007. URL http://esu.com.ua/search_articles.php?id=25841
2. Голець Н. Ю., Малик О. В., Малик Ю. О. Проблеми очищення стічних вод від біогенних елементів та шляхи їх вирішення. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Хімія, технологія речовин та їх застосування»*. 2016. Вип. 841. С. 281–285. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3844/holets.pdf>
3. Смирнова Г. Ф., Гавриленко М. М., Підгорський В. С. Відновлення хлоратів іммобілізованими бактеріями у безперервному режимі. *Мікробіологічний журнал*. 2010. Т. 72. № 1. С. 34–39.
4. Рыбалка В. Б., Смирнова Г. Ф., Петелин Г. И. и др. Микробный фактор, топливосодержащие материалы и образование субмикронных частиц в объекте «Укрытие». *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля*. 2017. Вип. 3. Ч. 1. С. 87–97. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/127984/09-RybalkaNEW.pdf?sequence=1>
5. Ендокринні руйнівники в Україні: стан проблеми та шляхи її вирішення / А. М. Сердюк, Д. А. Бази́ка, М. Д. Тронько та ін. Київ : Медінформ, 2018. 155 с.
6. Lundgren-Kownacki K. et al. Challenges of using air conditioning in an increasingly hot climate. *International Journal of Biometeorology*. 2018. Vol. 62. Iss. 3. P. 401–412. DOI: 10.1007/s00484-017-1493-z.
7. Yu B. F. et al. Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health. *International Journal of Refrigeration*. 2009. Vol. 32. Iss. 1. P. 3–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2008.05.004>
8. Mendell M. J. Commentary: Air conditioning as a risk for increased use of health services. *International Journal of Epidemiology*. 2004. Vol. 33. Iss. 5. P. 1123–1126. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/dyh264>
9. Baghali H., Chakeri H., Sharghi M., Dias D. Effect of Soil Moisture and Granulometry on Soil Conditioning for

- EPB-TBM Tunneling: Case Study. *Journal of Testing and Evaluation*. 2021. Vol. 49. Iss. 1. P. 355–371. DOI: 10.1520/JTE20190847.
10. СНиП 2.04.03-85. Каналізація. Зовнішні мережі і споруди / Будстандарт. Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4249 [in Ukrainian].
 11. Договір між Союзом Радянських Соціалістичних Республік і Сполученими Штатами Америки про скорочення й обмеження стратегічних наступальних озброєнь 1991 року (дата набуття чинності для України 05.12.1994 р.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/840_050#Text
 12. Звіт з оцінки впливу на довкілля планової діяльності «Відновлення екологічного режиму та екологічного стану р. Сула». URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/3450/reports/51500acb27498577bfdb59dc889b4a67.pdf>
 13. Отруєння в Ізмаїлі: госпіталізовано 565 осіб // РБК-Україна. 22.06.2016. URL: <https://www.rbc.ua/ukr/news/otravlenie-izmaile-gospitalizirovani-565-1466621906.html>
 14. Гринчишин Н. М., Бабаджанова О. Ф. Реабілітація ґрунтів, забруднених аварійними виливами нафтопродуктів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 22.7. С. 43–49. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/3520/1/стаття.pdf>
 15. Дудник С. В., Євтушенко М. Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування : монографія. Київ : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. 297 с.
 16. Айрапетян Т. С.. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 74 с.
 17. Тарифи, абонплата / Київводоканал. URL: <https://vodokanal.kiev.ua/tarifi>
 18. Alparslan U. Coal power air pollution in Europe: Turkey, Ukraine and Western Balkan countries compete for top spot in coal power air pollution in Europe. URL: <https://ember-climate.org/commentary/2021/05/25/coal-power-air-pollution>
 19. Хилько М. І. Екологічна безпека України : навч. посіб. Київ, 2017. 267 с.
 20. Крамчанінова М. Д., Фот В. О. Використання вторинних ресурсів як засіб забезпечення еколого-економічної ефективності вугільних підприємств. *Бізнес Інформ*. 2018. № 10. С. 165–170. URL: https://businessinform.net/export_pdf/business-inform-2018-10_0-pages-165_170.pdf
 21. Чекман І. С., Каплуненко В. Г., Гайдук К. С. Ванадій: клініко-фармакологічні та токсикологічні властивості. *Український медичний часопис*. 2016. № 1. С. 28–32. URL: <https://www.umj.com.ua/article/93306/vanadij-kliniko-farmakologichni-ta-toksikologichni-vlastivosti>
 22. Послуги асенізатора – очищення вигрібних ям, викачка стоків і відстійників. URL: https://kanal-servis.com.ua/vikachuvannia_yam_asenizaciya.html
 23. Сайт «Капелюхів ярок». URL: <http://kapeluhiv.com.ua/>
- tures on the Discipline "Industrial Wastewater Treatment Technology"]. Kharkiv: KhNUMH im. O. M. Beketova, 2017.
- Alparslan, U. "Coal power air pollution in Europe: Turkey, Ukraine and Western Balkan countries compete for top spot in coal power air pollution in Europe". <https://ember-climate.org/commentary/2021/05/25/coal-power-air-pollution>
- Baghali, H. et al. "Effect of Soil Moisture and Granulometry on Soil Conditioning for EPB-TBM Tunneling: Case Study". *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 49, no. 1 (2021): 355-371. DOI: 10.1520/JTE20190847
- Chekman, I. S., Kaplunenko, V. H., and Haiduk, K. S. "Vanadii: kliniko-farmakologichni ta toksykologichni vlastyvoli" [Vanadium: Clinical, Pharmacological and Toxicological Properties]. *Ukrainskyi medychnyi chasopys*, no. 1 (2016): 28-32. <https://www.umj.com.ua/article/93306/vanadij-kliniko-farmakologichni-ta-toksikologichni-vlastivosti>
- Dudnyk, S. V., and Yevtushenko, M. Yu. *Vodna toksykologhiia: osnovni teoretychni polozhennia ta yikhnie praktychne zastosuvannia* [Water Toxicology: Basic Theoretical Provisions and Their Practical Application]. Kyiv: Vydvo Ukrainskoho fitosotsiologichnoho tsentru, 2013.
- Holets, N. Yu., Malyk, O. V., and Malyk, Yu. O. "Problemy ochyshchennia stichnykh vod vid bioghennykh elementiv ta shliakhy yikh vyrishennia" [Problems Wastewater Treatment from Nutrients and Solutions]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika». Seriia «Khimiia, tekhnologhiia rehovyn ta yikh zastosuvannia»*, iss. 841 (2016): 281-285. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3844/holets.pdf>
- Hrynchysyn, N. M., and Babadzhanova, O. F. "Reabilitatsiia gruntiv, zabrudnenykh avariinymy vylyvamy naftoproduktiv" [Rehabilitation of Soils Polluted by Emergency Petroleum Products Spills]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, iss. 22.7 (2016): 43-49. <https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/3520/1/стаття.pdf>
- Khrystenko, S. I. "Gruntova mikrobiologhiia" [Soil Microbiology]. *Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy*. Kyiv : Instytut entsyklopedychnykh doslidzhen NAN Ukrainy. 2007. http://esu.com.ua/search_articles.php?id=25841
- Khyliko, M. I. *Ekologichna bezpeka Ukrainy* [Environmental Security of Ukraine]. Kyiv, 2017.
- Kramchaninova, M. D., and Fot, V. O. "Vykorystannia vtorynnykh resursiv yak zasib zabezpechennia ekoloho-ekonomichnoi efektyvnosti vuhilnykh pidpriemstv" [Using the Secondary Resources as a Means of Ensuring the Ecological-Economic Efficiency of Coal Enterprises]. *Biznes Inform*, no. 10 (2018): 165-170. https://businessinform.net/export_pdf/business-inform-2018-10_0-pages-165_170.pdf
- [Legal Act of Ukraine] (1994). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/840_050#Text
- Lundgren-Kownacki, K. et al. "Challenges of using air conditioning in an increasingly hot climate". *International Journal of Biometeorology*, vol. 62, no. 3 (2018): 401-412. DOI: 10.1007/s00484-017-1493-z
- Mendell, M. J. "Commentary: Air conditioning as a risk for increased use of health services". *International Journal of Epidemiology*, vol. 33, no. 5 (2004): 1123-1126. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/dyh264>

REFERENCES

Airapetian, T. S. *Konspekt lektzii z dystsypliny «Tekhnologhiia ochystky promyslovykh stichnykh vod»* [Synopsis of Lec-

- "Otruiennia v Izmaili: hospitalizovano 565 osib" [Poisoning in Izmail: 565 People Were Hospitalized]. *RBK-Ukraina*. June 22, 2016. <https://www.rbc.ua/ukr/news/otравlenie-izmaile-gospitalizirovani-565-1466621906.html>
- "Posluhy asenizatora – ochyshchennia vyhribnykh yam, vykachka stokiv i vidstiinykiv" [Sanitation Services – Cleaning of Cesspools, Pumping Out Sewage and Settling Tanks]. https://kanal-servis.com.ua/vikachuvannia_yam_asenizaciya.html
- Rybalka, V. B. et al. "Mikrobnny faktor, toplivosoderzhashchiye materialy i obrazovaniye submikrobnnykh chastits v obekte «Ukryttia»" [The Microbic Factor, Fuel-Containing Materials and Submicronic Particles Formation in Object «Ukryttia»]. *Problemy bezpeky atomnykh elektrostansii i Chornobylia*, iss. 3, part 1 (2017): 87-97. <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/127984/09-RybalkaNEW.pdf?sequence=1>
- Smyrnova, H. F., Havrylenko, M. M., and Pidhorskyi, V. S. "Vidnovlennia khlorativ immobilizovanykh bakteriyamy u bezperernomu rehymy" [Chlorate Reducton by Immobilised Bacteria in Continuous Conditions]. *Mikrobiolohichniy zhurnal*, vol. 72, no. 1 (2010): 34-39.
- Serdiuk, A. M. et al. *Endokrynni ruiny v Ukraini: stan problemy ta shliakhy yii vyreshennia* [Endocrine Disruptors in Ukraine: State of the Problem and Ways to Solve It]. Kyiv: Medinform, 2018.
- Sait "Kapeliukhiv yarok". <http://kapeluhiv.com.ua/>
- "SNyP 2.04.03-85. Kanalizatsiia. Zovnishni merezhi i sporudy" [SNiP 2.04.03-85. Sewerage. External Networks and Structures]. Budstandart. http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4249
- "Taryfy, abonplata" [Tariffs, Subscription Fee]. Kyivvodokanal. <https://vodokanal.kiev.ua/tarifi>
- Yu, B. F. et al. "Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health". *International Journal of Refrigeration*, vol. 32, no. 1 (2009): 3-20.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2008.05.004>
- "Zvit z otsinky vplyvu na dokillia planovoi diialnosti «Vidnovlennia ekolohichnoho rehymu ta ekolohichnoho stanu r. Sula»" [Report on the Environmental Impact Assessment of the Planned Activity "Restoration of the Ecological Regime and Ecological State of the Sula River"]. <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/3450/reports/51500acb27498577bfdb59dc889b4a67.pdf>