

ОКРЕМІ АСПЕКТИ БОРОТЬБИ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЙОГО НАСЛІДКАМИ

Державний університет економіки і технологій

Анотація

Важко уявити сучасне суспільство без благ хімії та хімічної промисловості. Фармацевтика, нафтохімія, агрохімія, промислова та побутова хімія – все це робить свій внесок у наш сучасний спосіб життя. Проте зі зростанням виробництва та використання хімічних речовин зростає поінформованість громадськості та занепокоєння щодо присутності хімічних речовин у навколишньому середовищі.

Ключові слова: хімічна промисловість, забруднення, навколишнє середовище, токсичність, контроль.

Abstract

It is difficult to imagine modern society without the benefits of chemistry and the chemical industry. Pharmaceuticals, petrochemicals, agrochemicals, industrial and household chemicals all contribute to our modern lifestyle. However, with the growth in the production and use of chemicals, there is a growing public awareness and concern about the presence of chemicals in the environment.

Key words: chemical industry, pollution, environment, toxicity, control.

Існує суттєва різниця між присутністю хімічних речовин у навколишньому середовищі та забрудненням. Хоча ці терміни, як правило, використовуються однаково у повсякденній мові та журналістиці, в наукових галузях існує відмінність у застосуванні даних термінів. Так, термін «забруднення» слід використовувати в тих випадках, коли хімічна речовина присутня в даному зразку без ознак шкоди. З іншого боку, термін «забруднення» може використовуватись у випадках, коли присутність хімічної речовини завдає шкоди. Таким чином, забруднюючі речовини є хімічними речовинами, що завдають шкоди навколишньому середовищу [1, 2]. Наслідки забруднення оточуючого середовища можна підсумувати так: зниження естетичності, підвищення температури, деоксигенація води, зростання токсичності, порушення рН-режиму, евтрофікація через поживні речовини, що викликають надмірне зростання деяких організмів [1-3].

Будь-яка хімічна речовина може стати забруднювачем навколишнього середовища, викликаючи один або кілька ефектів, якщо вона присутня в досить високій концентрації. Наприклад, серйозні випадки забруднення трапляються через розливи цукру і молока, об'єктів з високим вмістом органічних речовин. Фактично, більшість випадків забруднення, як і раніше, відбувається через сильне органічне забруднення [1, 2, 4]. Таке органічне забруднення викликане стічними водами, що містять біорозкладні органічні речовини, які зазвичай діють як забруднюючі речовини не тому, що вони містять хімічні речовини в токсичних концентраціях, а навпаки. Вони містять хімічні речовини, що дають їжу мікроорганізмам, які швидко розмножуються внаслідок підвищеного споживання їжі. Мікроорганізми в процесі вирощування та окиснення органічних харчових продуктів швидко витрачають розчинений кисень, що в ряді випадків призводить до загибелі вищих організмів, наприклад, риб [2, 5].

Незважаючи на те, що будь-яка хімічна речовина може бути забруднювачем, деякі хімічні речовини були визначені в нормативних актах або відповідно до міжнародної угоди як «хімічні речовини, які потребують пріоритетного контролю». Такі хімічні речовини зазвичай вибираються на основі таких критеріїв: часто виявляються програмами моніторингу; токсичні у малих концентраціях; біоакумулюються; стійкі; канцерогенні [1, 3, 6]. Запобігти забрудненню навколишнього середовища пріоритетними хімічними речовинами дуже складно, оскільки хімічні речовини вивільнюються і можуть потрапляти у навколишнє середовище на будь-якій стадії свого життєвого циклу: розробки, випробувань, виробництва, зберігання, розповсюдження, використання, утилізація [4, 7].

Викиди у навколишнє середовище можна загалом розділити на викиди з точкових джерел, конкретні надходження з промислових майданчиків чи очисних споруд та викиди з дифузних чи неточкових

джерел. У минулому, заходи контролю, як правило, концентрувалися на усуненні великих точкових джерел та введенні суворих вимог до скидів у воду та каналізацію. Багато чого було досягнуто, але незважаючи на те, що контроль над джерелами та окремими засобами масової інформації був ефективним, залишилися інші проблеми. За останні десятиліття акцент на пріоритетному контролі забруднювачів змістився з контролю точкових джерел на контроль дифузних джерел. Основною причиною цього є успіх, досягнутий у боротьбі з точковими джерелами забруднення [2, 5, 8]. Це викликано поєднанням факторів, головним чином: нова технологія, що дозволяє уникнути пріоритетного використання забруднюючих речовин, наприклад, відкриття нових пестицидів і нові виробничі процеси; покращена технологія контролю забруднення. З огляду на успіх у цій галузі, відносний внесок дифузних джерел збільшився, і увага була зосереджена на цих галузях, щоб сприяти подальшим покращенням. За своєю природою дифузні джерела вимагають інших типів регулюючого контролю, ніж точкові джерела [3, 7, 9].

Загально визнано, що боротьба із забрудненням не є проблемою якогось одного екологічного середовища або однієї галузі, і інтегрований контроль забруднення та міжгалузеві огляди тепер є звичайною справою. Використання інтегрованого контролю забруднення відіграло важливу роль у впровадженні більш цілісної філософії контролю в управлінні навколишнім середовищем [1-4, 10]. Інтегрований контроль забруднення застосовується до викидів від «найбільш забруднюючих промислових процесів». Система посилила вимоги до контролю за забрудненням, впровадивши концепції найкращих доступних технологій, що не тягнуть за собою надмірні витрати [1-5].

Викиди найбільш забруднюючих речовин повинні бути попереджені або, якщо це неможливо, зведені до мінімуму та знешкоджені. Для процесів, що призводять до викидів у більш ніж одне середовище, необхідно визначити найкращий практичний варіант для навколишнього середовища, щоб мінімізувати вплив процесу на довкілля в цілому. Цей підхід отримає подальший розвиток та буде застосовуватись до ширшого кола процесів, що потребують ширших критеріїв при розгляді найкращих доступних методів [1, 7-10]. Прикладом складних взаємодій, які можуть мати місце, принаймні теоретично, є звіт про потенційне накопичення продуктів розкладання гідрохлорфторвуглеводнів у сезонних водно-болотних угіддях. Очікується, що гідрохлорфторвуглеводні будуть розкладатися в атмосфері досить швидко [6-8, 10]. З цієї причини вони кращі за хлорфторвуглеводнів. Проте трифтороцтова кислота, яку, як очікується, виділятимуть деякі гідрохлорфторвуглеводні, є дуже стабільною і виводиться з атмосфери дощем. У таких областях, як сезонні водно-болотні угіддя з високою швидкістю евапотранспірації, трифтороцтова кислота може концентруватися до рівнів, які можуть пошкодити рослини [4, 6, 9].

В даний час розглядається питання про те, як найкраще чинити зі сумішами хімічних речовин. Хімічні речовини, які потрапляють до навколишнього середовища, зазвичай надходять у вигляді відходів або побічних продуктів і тому змішуються з іншими хімічними речовинами. Вони можуть взаємодіяти при змішуванні адитивним, синергетичним або антагоністичним чином. Вони можуть виробляти продукти розкладання, побічні продукти або реагувати з утворенням нових речовин у потоці відходів чи навколишньому середовищі. Хоча заходи контролю окремих хімічних речовин може бути ефективними, вони можуть враховувати ці реальні екологічні ситуації [1-3, 8-10]. Пряма оцінка токсичності (використання тестів на екотоксичність для оцінки складних хімічних зразків) розглядається як інструмент для контролю за хімічними сумішами, так і контролю за викидами. Крім того, для забезпечення комплексного уявлення про стан навколишнього середовища необхідний екологічний моніторинг [7, 9]. Враховуючи, що кінцевою метою хімічного контролю є захист навколишнього середовища, лише шляхом вимірювання покращень екологічної якості можна визначити остаточну ефективність заходів хімічного контролю та інших заходів контролю. Цей акцент на екологічній якості є основою нового підходу до управління навколишнім середовищем [2, 6, 9].

Визнання того факту, що забруднення не визнає національних кордонів, особливо щодо пріоритетних забруднювачів, які мають тенденцію зберігатися у навколишньому середовищі протягом тривалого часу і тому можуть переноситися на великі відстані, призвело до активізації міжнародних дій щодо боротьби з пріоритетними забруднювачами. Існує безліч ініціатив щодо захисту навколишнього середовища від пріоритетних забруднювачів [1-3, 7]. Уряди країн, регулюючі органи та промислові ініціативи визнали ієрархію підходів до пріоритетного контролю забруднювачів: замінити, використовувати інший, більш безпечний для довкілля хімікат; зменшити, використовувати якнайменше пріоритетних забруднюючих речовин; керувати, використовувати ретельно керованим способом, щоб звести до мінімуму випадкові втрати та відходи. Це відображено у вимогах

інтегрованого контролю забруднення, які вимагають, щоб викиди найбільш шкідливих речовин були «попередженими або, якщо це неможливо, зведеними до мінімуму та знешкодженими» [5-7, 9].

Традиційно інструментами контролю за хімічними речовинами були норми, що встановлюють ліміти на скидання у воду або забороняють конкретне або всі види використання хімічних речовин. Проте регулювання було визнано досить грубим інструментом досягнення постійного поліпшення, особливо для дифузних джерел. Зокрема, щодо пріоритетного контролю забруднювачів, було важко знайти способи заохочення заміни пріоритетних хімічних речовин, іншими безпечнішими замінниками [2, 4, 8]. Уряди усвідомлюють необхідність розширення інструментів контролю за хімічними речовинами шляхом запровадження добровільних схем, інформаційних систем та економічних стимулів для заохочення більш екологічно безпечних методів. Тут важливо наголосити, що регулювання та контроль пріоритетних забруднювачів: це не просто випадок посилення дозволів на викиди, оскільки дифузні джерела можуть мати важливе значення та в деяких випадках можуть домінувати; це міжнародна проблема; потрібен портфель додаткових дій, заснований на ієрархії заміна-зменшення-управління [6, 9, 10].

Всі прямі скидання у воду та непрямі промислові скидання у каналізацію контролюються за допомогою дозвільних систем. Пріоритетні забруднювачі, що контролюються в рамках цих систем дозволів, та застосовані стандарти знаходяться під сильним впливом міжнародних ініціатив. У системах дозволів використовують два основних підходи до контролю прямих скидів у воду: використання цілей якості навколишнього середовища/стандартів якості навколишнього середовища [2-5, 7-9]. Підхід використання цілей якості навколишнього середовища/стандартів якості навколишнього середовища спрямований на визначення використання даного водного об'єкта, прикладами можуть бути «використання для забору питної води» або «використання для підтримки популяцій лососевих риб», які визначають ціль якості довкілля. Для того, щоб забезпечити ціль у присутності небезпечних хімічних речовин, необхідні стандарти якості довкілля [1, 7, 9]. Граничні значення викидів для стічних вод можуть бути встановлені з урахуванням розбавляючої здатності водоприймачів на тій підставі, що значення гранично допустимої концентрації не повинні перевищуватися за межами зони безпосереднього впливу (також званою зоною змішування) [2, 5, 8]. Підхід єдиних стандартів викидів, або граничне значення, визначає межі концентрації небезпечних речовин у стічних водах без конкретного обліку доступної здатності розведення або наявності інших входів у той же водний об'єкт [4, 6, 10]. Межі єдиних стандартів викидів зазвичай виражаються у вигляді концентрацій стічних вод (середньомісячні значення витрати) з додатковими обмеженнями на добові значення. Добові значення зазвичай у два-чотири рази вищі. На технічному рівні зростає визнання того, що найбільш розумним підходом до контролю забруднення є злиття двох підходів, прийнятих у комплексній системі контролю забруднення [1, 7-10].

Хоча відносно легко встановити, чи може хімічна речовина, що переноситься повітрям, викликати рак, набагато складніше визначити, чи справді вона викликає захворювання серед населення при концентруванні у навколишньому середовищі. Однак термін «рак» представляє безліч різних захворювань зі складною природною течією [4-7]. Розвиток раку може залежати від початкової події, що виконує роль пускового механізму, за яким слідує вплив інших хімічних речовин, які сприяють розвитку пухлин або перешкоджають відторгненню пухлинних клітин організмом. Може виявитися необхідним, щоб ці події відбувалися неодноразово або у певній послідовності, за певних рівнів впливу, а процес від виникнення до розвитку раку у людини може тривати десятиліття [5-8, 10]. Таким чином, рак у людей сьогодні може розвинути внаслідок впливу забруднення атмосферного повітря, якого більше не існує і про яке навряд чи вестимуться адекватні записи. Існує також проблема, яка полягає в тому, що канцерогени, що вдихаються, як правило, пов'язані або з дуже поширеними видами раку (рак легень) або дуже рідкісні види раку (деякі види лейкемії) [3, 4, 7]. З першим важко пов'язати незначний ефект низького рівня забруднення атмосферного повітря з дуже сильною дією інших факторів, особливо куріння сигарет. В останньому випадку може знадобитися ціле життя, щоб накопичити достатню кількість випадків при навколишньому рівні впливу, щоб мати достатню статистичну потужність для виявлення ефекту. Нарешті, якщо встановлений зв'язок з раком людини у професійних умовах, це зазвичай пов'язано з впливом на кілька порядків вище, ніж у навколишньому повітрі [1, 3, 8, 10]. Важко сказати, чи дійсна крива доза-реакція при набагато нижчих рівнях впливу або є поріг для ефекту. Крім того, латентний період може бути набагато довшим при нижчих концентраціях впливу, тому, якщо епідеміологічні дослідження не беруть до уваги, вони можуть

давати хибнонегативні результати. З цих причин залишається досі незрозумілою потенційна роль забруднення атмосферного повітря в етіології раку у населення [2-6, 9].

Є багато речовин, які дійсно або потенційно можуть спричинити рак. Вони були класифіковані Міжнародним агентством вивчення раку в різні категорії залежно від їх здатності викликати рак. Канцерогени групи 1, присутні в навколишньому повітрі, включають бензен [3, 5, 10]. До групи 2A відносяться такі канцерогени як бензо[а]пірен, бензо[а]антрацен та інші поліциклічні ароматичні вуглеводні. Канцерогени групи 2B включають 2-нітрофлуорен, 1,6-динітропірен та 1-нітропірен. Загалом, ці канцерогени присутні у незначних кількостях, але є побоювання з приводу того, що низькорівнева дія може викликати рак у людей, хоча реальні наслідки, ймовірно, будуть незмірно малі [7-10].

Бензен є канцерогеном групи 1 з доведеним причинно-наслідковим зв'язком з гострим нелімфоцитарним лейкозом у людей. Основні токсичні ефекти виявляються в кістковому мозку, при цьому токсичний вплив призводить до придушення кісткового мозку та зменшення продукції еритроцитів, лейкоцитів та тромбоцитів, що може призвести до недостатності кісткового мозку [1, 4, 8]. В епідеміологічних дослідженнях важливо робити поправку на куріння, оскільки бензен є у високих концентраціях у сигаретному димі. Курці можуть піддаватися в 10 разів більшому впливу, ніж ті, що не палять, особливо в сільській місцевості. У більш довгостроковій перспективі дослідження у робітників, які зазнали впливу бензену, ясно продемонстрували підвищений ризик гострого нелімфоцитарного лейкозу, але в цілому це не було виявлено у робітників, які піддавалися дії менше ніж $1,5 \text{ мг м}^{-3}$ (500 ppb) протягом усієї трудової діяльності [2-6, 10]. Є дані про хромосомні аномалії у робітників, які зазнали впливу більш низьких концентрацій (від $0,6$ до 40 мг м^{-3} , від 200 до 1300 ppb) протягом тривалого періоду часу (більше 11 років). Це контрастує з рівнями концентрації у навколишньому середовищі, які зазвичай нижчі за 13 мкг м^{-3} (4 ppb) у місті і менше 3 мкг м^{-3} (1 ppb) у сільській місцевості. Популяційні епідеміологічні дослідження дуже важко проводити через рідкість цього виду лейкозів. Тому оцінки токсичності при низьких рівнях впливу зроблено з урахуванням професійних досліджень [5, 7, 9]. Поєднання оцінок ризику з різних досліджень дозволяє припустити, що при впливі протягом усього життя (70 років) до 1 мкг м^{-3} (0,3 ppb) бензену, надлишковий ризик становить від трьох до тридцяти випадків на мільйон населення, при цьому погоджена оцінка Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я становить близько чотирьох надлишкових ризиків. Однак гострий нелімфоцитарний лейкоз трапляється вкрай рідко. Від 6 до 7 випадків на мільйон населення на рік, або 420-490 на мільйон протягом 70 років життя. Ще чотири випадки в результаті концентрації канцерогену у навколишньому середовищі на рівні 1 мкг м^{-3} (0,3 ppb) було б майже неможливо виявити в епідеміологічних дослідженнях, а потенційний ризик при атмосферних рівнях бензолу, як і раніше, важко довести на рівні населення або навіть у робітників з помірним впливом бензолу протягом усього життя. Насправді ризик лейкемії від впливу атмосферного бензолу настільки малий, що його неможливо виміряти [3-7].

Поліциклічні ароматичні вуглеводні у сукупності описують велику кількість хімічних речовин, багато з яких разом з їх метаболітами та нітропохідними, як відомо, є канцерогенами для тварин або людини. Більшість їх утворюються в результаті спалювання органічного палива, включаючи деревину, вугілля, нафту, бензин і дизельне паливо, як продукти неповного згорання [2, 5, 8, 10]. Найбільш вивченим поліциклічними ароматичними вуглеводнями є бензо[а]пірен, який поряд з іншими присутні у сигаретному димі. Відомо, що кліренс бензо[а]пірену знижується, якщо він адсорбується на частинках пилу і що доза, необхідна для утворення пухлин у тварин, знижується, якщо він адсорбується на частинках пилу. Таким чином, це може стосуватися ситуації з атмосферним міським повітрям. Відомо, що фракція міських частинок пилу, що містить поліциклічні ароматичні вуглеводні, має канцерогенну дію на тварин [1-4, 7, 9]. Окремі дослідження демонструють залежність доза-реакція від концентрації бензо[а]пірену в екстрактах з міських частинок пилу. Мутагенність клітин людини була продемонстрована для екстрактів частинок пилу міського повітря. Відомо, що конденсат вихлопних газів транспортних засобів є канцерогенним для тварин і близько 40% випадків може бути пов'язане з поліциклічними ароматичними вуглеводнями. Канцерогенність вихлопних газів транспортних засобів демонструється в експериментах з вдиханням і, ймовірно, здебільшого пов'язана з фракцією твердих частинок і, зокрема, з фракцією, що містить поліциклічні ароматичні вуглеводні з 4-7 кільцями. Однак у цих експериментах, щодо встановлення канцерогенності на тваринах, використовувалися пригнічуючі дози твердих частинок вихлопних газів [2, 5, 9].

Більшість доказів канцерогенності бензо[а]пірену отримано в результаті професійних досліджень працівників газифікації вугілля та виробництва коксу. Вони передбачали дозозалежний ризик виникнення раку легень після внесення певної поправки на куріння, але не у всіх дослідженнях вимірювали вплив поліциклічних ароматичних вуглеводнів або бензо[а]пірену безпосередньо. Використовували непрямі показники, такі як місце роботи осіб групи спостереження на заводі та тривалість дії. Ці робітники піддавалися впливу бензо[а]пірену, рівень якого в 10 разів перевищував рівень утримання у звичайному міському повітрі [1-3, 5-8]. Пізніші дослідження виявили підвищений ризик раку легень (наприклад, відносний ризик близько 1,5 у водіїв вантажівок) у робітників, що піддаються дії високих концентрацій вихлопних газів транспортних засобів, що не може бути пов'язане з іншими професійними впливами або курінням. Були виявлені невеликі перевищення в інших професіях (відносний ризик від 1,5 до 7), але деякі дослідження були негативними, і в жодному з них не вимірювали безпосередньо рівні поліциклічних ароматичних вуглеводнів, яким піддавалися робітники [1, 4, 8].

Було проведено низку досліджень епідеміологічної поширеності серед населення в цілому, що демонструють перевищення захворюваності на рак легень серед міських жителів у порівнянні з сільськими жителями, але в багатьох ранніх дослідженнях не враховувалися потенційні змішані фактори, зокрема куріння цигарок, рід занять та соціально-економічний статус. Більшість, але не всі дослідження, в яких враховувалася поширеність куріння, показують підвищений ризик від 1,5 до 2,0. Однак невеликі відмінності у віці, у якому курці починають регулярно курити, можуть призвести до відносного ризику раку легень у 1,5 рази [3, 6, 9]. Забруднення повітря в містах помітно знизилася, змінилися джерела надходження твердих частинок і, можливо, відносний вміст бензо[а]пірену. Недавні дослідження показують, що лише дуже невелика частина (менше 5%) надмірної кількості випадків раку легень у міських районах може бути пов'язана із забрудненням атмосферного повітря. Підраховано, що довічний ризик впливу бензо[а]пірену коливається від 0,3 до 1,4 випадків смерті на рік на 10 000 населення [4, 7, 10].

Хоча є чіткі докази, принаймні для деяких забруднюючих речовин, впливу на здоров'я на індивідуальному рівні, масштаби цих наслідків дуже малі. Однак з'являється все більше доказів того, що хронічні наслідки можуть бути істотнішими і що забруднення повітря залишається серйозною та вимірюваною загрозою для здоров'я населення. Наприклад, звіт про кількісну оцінку впливу забруднення повітря на здоров'я населення мегаполісів показав, що, враховуючи лише гострі наслідки, частки промислового пилу сприяють смерті понад 8000 осіб на рік. Частилки промислового пилу також сприяють або прискоренню госпіталізації, або можуть бути причиною госпіталізацій, які інакше могли б не статися аналогічною мірою. Існує потреба у додаткових дослідженнях, особливо в області кількісної оцінки впливу забруднення повітря на індивідуальне та громадське здоров'я, щоб допомогти тим, кому необхідно контролювати забруднення. Також необхідні дослідження більш тонких способів, про які досі не підозрювали, у яких забруднення повітря може впливати на здоров'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Landrigan P.J., Stegeman J.J., Fleming L.E. Human Health and Ocean Pollution // *Annals of Global Health*. – 2020. – Vol. 86, N 1. – P. 151.
2. Oelkers K. Is the objective of the Water Framework Directive to deal with pollutant emissions at source coherently implemented by the EU's substance-specific legal acts? A comparison of the environmental risk control of pharmaceutical legislation with the REACH-, Biocidal Products- and Plant Protection // *Products Regulation, Sustainable Chemistry and Pharmacy*. – 2021. – Vol. 20. – P. 100386.
3. Yarahmadi M., Atabi F., Moridi P. Assessment of pollution control technologies by using decision support systems // *Iran Occupational Health Journal*. – 2019. – Vol. 16, N 2. – P. 11-21.
4. Soceanu A., Dobrinas S., Dumitrescu C.I. Physico-Chemical Parameters and Health Risk Analysis of Groundwater Quality // *Appl. Sci*. – 2021. – Vol. 11. – P. 4775.
5. Lu X., Jianyue L., Jinwen G. Dynamic game in agriculture and industry cross-sectoral water pollution governance in developing countries // *Agricultural Water Management, Elsevier*. – 2021. – Vol. 243. – P. 1-12.
6. Li F., Gu J., Xin J. Characteristics of chemical profile, sources and PAH toxicity of PM_{2.5} in Beijing in autumn-winter transit season with regard to domestic heating, pollution control measures and meteorology // *Chemosphere*. – 2021. – Vol. 276. – P. 130143.
7. Zhu Y. Analysis and Control of Pollution Characteristics of Chemical Waste Water // *Chemical Engineering Transactions*. – 2018. – Vol. 67. – P. 511-516.
8. Xu J., Hou S., Xie H. Equilibrium approach towards water resource management and pollution control in coal chemical industrial park // *J Environ Manage*. – 2018. – Vol. 219. – P. 56-73.

9. Feretti D., Pedrazzani R., Ceretti E. Risk is in the air: Polycyclic aromatic hydrocarbons, metals and mutagenicity of atmospheric particulate matter in a town of Northern Italy (Respira study) // Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. – 2019. – Vol. 842. – P. 35-49.

10. Al Jassim M., Isaifan R. A Review on the Sources and Impacts of Radon Indoor Air Pollution // J Environ Toxicol Stud. – 2018. – Vol. 2, N 1. – P. 1-9.

Івчук Віталій Васильович – кандидат біологічних наук, доцент, старший викладач кафедри хімічних технологій та інженерії Технологічного інституту Державного університету економіки і технологій, м. Кривий Ріг, e-mail: vitaliy.ivchuk@gmail.com

Ткач Олександр Данилович – студент групи ХТ-21, кафедри хімічних технологій та інженерії Технологічного інституту Державного університету економіки і технологій, м. Кривий Ріг

Vitalii V. Ivchuk – PhD in Biology, Associate Professor, Senior Lecturer, Department of Chemical Technology and Engineering, Technological Institute of the State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, e-mail: vitaliy.ivchuk@gmail.com

Oleksandr D. Tkach – Department of Chemical Technology and Engineering, Technological Institute of the State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih