УДК 502.36: 504.064.4: 504.53 **DOI 10.33042/2522-1809-2022-6-173-23-30**

Н.О. Телюра, К.Б. Сорокіна, О.С. Ломакіна, Д.С. Лукашевич

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

КОМПЛЕКСНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Досліджено підходи до обґрунтування екологічних інноваційних рішень щодо зменшення виробничого впливу на довкілля. Запропоновано шляхи підвищення екологічної безпеки на засадах сталого розвитку, через обґрунтований комплексний вибір інноваційних рішень. Запропоновані підходи, дозволяють визначати відносну значущість критеріїв та індикаторів якості довкілля з використанням методу аналізу ієрархій як основи системного підходу. Визначено, що критеріальна база ієрархії вибору екологічно ефективних інноваційних рішень програмно-аналітичного методу підвищують комплексність та ефективність рішень з підвищення екологічної безпеки.

Ключові слова: *екологічна безпека, збалансоване природокористування, системний підхід, технології, інструменти та еколого-економічні аспекти природоохоронної діяльності, якість довкілля, обробка екоданих, сталий розвиток.*

Постановка проблеми

Необхідність організації та забезпечення збалансованого природокористування, покращення якості довкілля, зменшення виробничого впливу передбачає соціальний та економічний розвиток суспільства.

Захист довкілля є однією з найважливіших проблем, що стоїть сьогодні перед Об'єднаною Європою. На першому етапі становлення Європейська Спільнота приділяла основну увагу питанням економічного розвитку.

Однак згодом стало зрозуміло, що стратегія розвитку ЄС має бути доповнена дієвими інструментами запобігання виснаженню природних ресурсів, зокрема водних ресурсів та погіршенню стану довкілля [1].

Неощадливе використання води, забруднення водних об'єктів загрожуватимуть продовольчій безпеці людства, здоров'ю екосистем та доступу до якісної питної води.

За прогнозами Організації економічного співробітництва та розвитку, до 2050 року попит на воду у світі зросте на 55 %. Очікується, що у 2050 році 240 мільйонів людей залишаться без доступу до чистої води, а 1,4 мільярда – без доступу до базової санітарії.

Ситуація із станом водних ресурсів потребує під час вирішення нагальних екологічних проблем локально, за адміністративно-територіальним принципом, урахування особливостей функціонування водних екосистем як цілісної системи в межах всього водозбірного басейну.

Аналіз останніх досліджень та публікацій та формулювання мети статті

Виробничому впливу і проблемам забруднення поверхневих і стічних вод та заходам щодо їх ліквідації та запобігання присвячено велику кількість наукових досліджень, як у світі так і в Україні.

Переважна більшість жителів України вживають неякісну питну воду визначають автори у [2]. За багатьма показниками наша вода не тільки небажана, але й небезпечна для пиття, нехтування даною проблемою може призвести до значних негативних наслідків у вигляді екологічних катастроф національного масштабу. Саме тому, зазначають у [3] необхідно її вирішувати якомога оперативніше, використовуючи новітні очисні технології, устаткування та методи очищення. Проблема очищення стічних вод є актуальною і для України, де більшість стоків характеризуються високим рівнем хімічного та біологічного забруднення. І чи не основними джерелами забруднення довкілля тут постають підприємства харчової промисловості та переробки сільськогосподарської продукції.

Високий рівень споживання зумовлює великий обсяг стічних вод на підприємствах, при цьому вони характеризуються значним забрудненням і становлять небезпеку для навколишнього середовища.

За ступенем інтенсивності негативного впливу підприємств харчової промисловості на об'єкти навколишнього середовища перше місце займають водні ресурси. За витратою води на одиницю

© Телюра Н.О., Сорокіна К.Б., Ломакіна О.С., Лукашевич Д.С.

продукції, що випускається, харчова промисловість займає одне з перших місць серед галузей народного господарства [4].

Вода в якості основної або допоміжної сировини використовується у переважній більшості технологічних процесів виробництва харчових продуктів. Практично всі харчові виробництва пов'язані зі споживанням води з водопроводу і підземних водоносних горизонтів [5].

Переважна більшість таких стічних вод скидається неочищеними у природні водойми, на поля фільтрації чи в каналізацію, створюючи відчутне екологічне навантаження на довкілля.

Досліджуючи відпрацьовані стічні води харчових підприємств автор у [6], визначає, що вони відрізняються високими концентраціями різних органічних забруднень (жири, білки, крохмаль, цукор і т. д.). Для таких стічних вод характерні високі показники хімічного споживання кисню (ХСК), біологічного споживання кисню (БСК), завислих речовин, жирів і можливість розвитку небажаних мікробіологічних процесів внаслідок біологічного розкладання розчинних органічних речовин. Автори на основі досліджень на модельних стічних водах, які містили завислі речовини, БСК (біологічне споживання кисню), ХСК (хімічне споживання кисню) та ЗМЧ (загальне мікробне число) в кількості, яка відповідала усередненому вмісту цих показників у реальних стічних водах на підприємствах після миття. Для вторинного використання стічної води у виробництві необхідно не тільки її очистити від завислих часток до стану прозорої води, але й передбачити можливість розвитку небажаних мікробіологічних процесів внаслідок біологічного розкладання розчинних органічних речовин. Наслідки забруднення можуть бути дуже різноманітними для здоров'я людини, визначено авторами. Це обумовлює необхідність пошуку методів ефективного знезараження очищеної циркулюючої води. І як результат досліджень виявив що озонування потрібно застосовувати для знезараження бактерій. Але не вирішеним залишається питання, щодо необхідності доочищення забруднених стічних вод, оскільки хоча озонування суттєво знижує число ЗМЧ, БСК, ХСК, але не дозволяє очистити стічну воду до норм водовідведення.

У проведеному дослідженні [7] авторами встановлені закономірності і умови формування та експериментально визначено хімічний склад стічних вод на прикладі молокопереробного підприємства Сумської області, Україна. Досліджені закономірності формування і режими скиду стічних вод, дало змогу авторам визначити, що процес формування загального стоку відбувається у складних виробничих умовах, що включають раптові викиди сильно забруднених стоків з високою концентрацією основних забруднювачів, нестабільний об'єм вод, які утворюються в різних технологічних процесах, залежність об'єму і складу вод від сезону, виробничої зміни, часу доби роботи та ін. Стічні води, які утворюються на підприємстві авторами у дослідженні розділені на дві групи. Обидві групи формують загальний стік, який потрапляє на споруди біологічної очистки. Перша група – мало забруднені води – формуються після очищення технологічного обладнання, трубопроводів, автоцистерн, тари, підлог і панелей виробничих приміщень. Друга група – сильно забруднені води – формуються безпосередньо в результаті переробки сировини у готову продукцію у відділі приймання сировини (молока), цеху сиру, цеху масла, цеху плавлених сирів. Загальна кількість стічних вод коливається в широких межах і у літній період року складає 200-460 м3/добу. На основі проведеного експерименту авторами досліджено хімічний склад стічних вод за основними показниками, які регламентуються при потраплянні стоків у систему водовідведення. Визначено, що хімічний склад загального стоку молокопереробного підприємства не відповідає вимогам, що пред'являються до стоків, які поступають на споруди біологічної очистки. Норми суттєво перевищені по наступним показникам: ХСК; ЕРР; фосфати; зважені речовини (ЗР). Характер реакції середовища pH стічних вод є кислим, в той час по нормам має бути нейтральним або слабко лужним. Авторами, встановлено, що найбільш забруднені стічні води утворюються в процесі виробництва масла (цех масла) і сиру (цех сиру). Ці води характеризуються низьким pH, високими значеннями ХСК, ЕРР, хлоридів, фосфатів, ЗР, сухого залишку (СЗ) та прожареного залишку (ПЗ). Меншими концентраціями основних забруднювачів характеризуються стічні води з відділення приймання сировини та цеху плавлених сирів. Показано, що для попередження загибелі активного мулу у спорудах біологічної очистки необхідна попередня обробка стічних вод для приведення вищевказаних показників до необхідних норм.

Невирішеною проблемою даного дослідження є попередження загибелі активного мулу у спорудах біологічної очистки. В даному випадку необхідна попередня обробка стічних вод для приведення показників до необхідних норм.

Автори у [8] досліджують проблему погіршення становища навколишнього середовища через наявність висококонцентрованих, забруднених органічними сполуками стічних вод на підприємствах, що переробляють продукти тваринництва. Автори визначають, що проблема очищення стічних вод має не тільки екологічне

підґрунтя, але також зумовлена неефективною роботою самих очисних споруд, оскільки використовуються застарілі технології, а обладнання є зношеним. Авторами з'ясовано, що традиційні методи з використанням аеротенків не можуть задовольнити необхідні показники очищення стічної води, тому у даному дослідженні розглянуто переваги біологічного методу очищення стічних вод, умови та вимоги до його використання. У дослідженні виявлено ряд проблем, які вирішуються при залученні асоціацій мікроорганізмів та охарактеризовано відомі ефективні асоціації мікроорганізмів, які іммобілізують на носії з метою збільшення біомаси, яка безпосередньо бере участь в процесі очищення. При високих показниках забруднення, авторами у [8] запропоновано інтенсифікувати процеси біологічного очищення шляхом переведення очисної споруди в режим біосорбції, що підвищує ефективність очищення за рахунок збільшення концентрації активного мулу при введенні носіїв з іммобілізованими мікроорганізмами. Наведені приклади модифікацій технології, в яких змінюються параметри іммобілізації мікроорганізмів, режим надходження повітря, вказано на доцільність використання певних підібраних родів мікроорганізмів та їх поєднання з іншими видами біологічних агентів. Авторами встановлено, що перевагами даного методу є дешевизна та екологічність, оскільки технології утилізації не вимагають суттєвих конструкційних змін вже існуючих ліній очищення стічних вод, а як носії можна використовувати різноманітні відходи природного та штучного походження.

Треба зазначити, що технологічно запропонований у [8] метод очищення можна реалізувати, лише при попередньому підборі найбільш ефективної композиції мікроорганізмів, наростивши (іммобілізувавши) їх біомасу на носії окремо від біореактора, в якому безпосередньо відбувається процес очищення. Коректна робота в аеротенку, також передбачає періодичну заміну чи очистку носіїв від відпрацьованої мікрофлори.

Автори у [9] досліджують сучасні тенденції та перспективи технології очищення стічних вод виноробних заводів. Водний слід виноробних підприємств зазвичай перевищує 1 л води/л вина. У європейському контексті це щорічно дорівнює понад ста мільйонам гектолітрів води, більшість з яких зрештою стає стічними водами. Відомо, що стічні води виноробного заводу містять високі органічні навантаження, які найчастіше кількісно визначають за хімічним споживанням кисню (ХСК). Особливо під час сезону збору винограду скидання стічних вод виноробного заводу з екстремальними значеннями COD може паралізувати муніципальні очисні споруди. Як наслідок, очисні споруди встановлюють жорсткі обмеження на параметри стічних вод. Це змушує виноробні заводи або транспортувати стічні води до спеціалізованих установок, здатних обробляти кінці стічних вод, або інвестувати у власні очисні споруди. Оскільки вино історично вироблялося невеликими виноробнями, будь-який із цих варіантів є економічною проблемою для цих часто сімейних компаній. Ця робота відображає потребу в надійних технологіях очищення стічних вод, які б могли впоратися з коливаннями параметрів стічних вод виноробного заводу протягом року та вищезгаданими піками. Технології класифікуються на фізико-хімічні, біологічні, мембранні, прогресивне окислення та комбіновані процеси. Існує низка методів очищення, які показали швидкість усунення ХСК понад 90%. Однак вони значно відрізняються за розміром, гнучкістю процесу та складністю обслуговування. Деякі альтернативні процеси також критично оцінюються в контексті циркулярної економіки та повторного використання води, що може ще більше покращити економіку процесу для малих і середніх виноробних підприємств.

Невирішеним залишається питання, як обґрунтованого вибору оптимальної технології очищення стічних вод так і їх комбінування, з урахуванням їх класифікаційних ознак.

Автори у [10] проводять аналіз перспективних технологій очищення стічних вод харчових виробництв. Харчова промисловість є однією з галузей промисловості, яка використовує велику кількість води, а високий вміст розчинених органічних речовин та азоту у виробничих стоках є їх характерною рисою. Технологія очищення таких промислових стоків являє собою поєднання різних технологій і блоків методів очищення в залежності від параметрів стічних вод. Вибір ефективної, екологічно чистої та енергоефективної біотехнології очищення стічних вод дозволить успішно застосовувати її в більшості харчових виробництв. Очищені стоки можна розглядати як джерело води для поливу рослин на ділянці, щоб зменшити загальне використання води в процесі, і як перспективу повернення в загальний процес для використання, наприклад, для миття овочів і фруктів. Проаналізовано фізико-хімічні показники промислових вод підприємств харчової промисловості та проведено моніторинг їх впливу на навколишнє середовище. На основі огляду перспективних технологій очищення стічних вод харчової промисловості запропоновано технологічну схему ефективного очищення промислових стічних вод. Невирішеним залишається питання підходів до методу вибору та поєднання ефективної, екологічно чистої та

енергоефективної біотехнології очищення стічних вод.

Автори у [11] представляють результати дослідження умов очищення стічних вод на прикладі м'ясопереробного підприємства. Ними визначено, що для локального очищення стічних вод підприємств харчової промисловості широко застосовують фізико-хімічні методи очищення, які при правильно підібраних реагентах та їх дозах дозволяють досягти високої ефективності очищення. При цьому дози реагентів і умови їх застосування можуть різко відрізнятися на підприємствах, тому закономірності процесу очищення необхідно вивчати на конкретному стоці.

У роботі [11] досліджено закономірності процесу коагуляції стічних вод коагулянтами та флокулянтами різного хімічного складу на прикладі стічних вод підприємства з переробки м'яса індички. Досліджено закономірності процесу коагуляції стічних вод у широкому діапазоні значень pH середовища. Експериментально встановлено, що оптимальний pH середовища для використання поліалюмінію хлориду знаходиться в межах 5,9÷6,4, заліза хлориду 6,2÷6,7, заліза купоросу 5,1÷5,7. Встановлено закономірності впливу дози коагулянту на ефективність видалення завислих речовин зі стічних вод і зменшення кольоровості. На основі отриманих даних авторами визначаються найбільш оптимальні дози коагулянтів. Раціональна доза поліалюмінію хлориду становила 140 мг/л, залізного купоросу – 110 мг/л та заліза хлориду – 80 мг/л. Досліджено закономірності процесу флокуляції стічних вод із застосуванням флокулянтів різного заряду та молекулярної маси. Визначено найбільш ефективні типи флокулянтів і встановлено оптимальні дози реагентів. Визначено раціональні умови фізико-хімічного очищення стічних вод з використанням коагулянтів і флокулянтів. Отримані дані дають можливість оптимізувати роботу локальних очисних споруд переробного підприємства: підвищити продуктивність, а також знизити експлуатаційні витрати. Підібрані бінарні комбінації реагентів дозволяють досягти ефективності видалення завислих речовин 99,4 % та зменшення кольору – 82,4 %. Невирішеним залишається питання застосування підібраних реагентів та їх доз для досягнення високої ефективності очищення на типових підприємствах харчової промисловості.

Автори у [12] визначають ефективність динамічного анаеробного мембранного біореактора (DAnMBR) з розділенням фаз при обробці висококонцентрованих стічних вод харчової промисловості.

Стічні води харчової промисловості (FPW) містять високий рівень олії та жиру (O&G), особливо з підприємств, які виробляють фаст-фуд, такий як нагетси, сосиски та котлети для гамбургерів з яловичини, птиці та риби. Таким чином, у [12] досліджено доцільність заміни звичайних мембран для очищення FPW на недорогі динамічні мембрани (DM) як альтернативу. Анаеробний біореактор DM (DAnMBR) працював протягом 90 днів для оцінки ефективності обробки за допомогою реальної FPW за різних рівнів органічного навантаження (OLR) 3,5, 5,0, 6,5 та 7,0 г COD (хімічна потреба в кисні)/л день. Після того, як реактор досяг стабільного стану 90% видалення COD, подачу в реактор поступово доповнювали FPW від 10% до 90% як COD, щоб дозволити метаногенним бактеріям адаптуватися до будь-яких потенційних гальмівних ефектів від його стійкого вмісту. Біореактор продемонстрував стабільну продуктивність при OLR 5,0 г COD/л на день із 97,5% видаленням COD і досяг 20 мг/л загального викиду завислих речовин (TSS). Було виявлено значну кореляцію між фракціями ХСК, видаленими через ацидогенез і метаногенез з різними OLR, що вказує на те, що підвищення ефективності очищення є корисним для активності метаногенних архей. Вихід газоподібного метану досягав максимуму 0,40 л метану/г COD, доданого при OLR 3,5 та 5,0 г COD/л день. Середній потік пермеату в цих дослідженнях становить близько 60 л/м2 год. DM забруднився через 57 днів (при потокі 27,16 л/м2 год негайне падіння до 2,16 л/м2 год) при експлуатації при 3,5 г ХСК/л день. Після забруднення мембрана пройшла фізичне очищення, зворотне промивання на місці протягом 5 хвилин і повторно використана без будь-якого хімічного очищення. Поліпшенню стійкості до фільтрації сприяє поява DM забруднення, спричинене вивільненням розчинних мікробних продуктів (SMP) і позаклітинних полімерних речовин (EPS), а також збільшення співвідношення білок/вуглеводи (P/C) у змішаному розчині. Невирішеним залишається визначення економічної ефективності запропонованого динамічного анаеробного мембранного біореактора (DAnMBR).

Автори у [13] оцінюють ризик хімічного забруднення молочних стоків із молокопереробного підприємства, розташованого в Бешарі (південний захід Алжиру). Виробничі лінії молока та молочних продуктів забруднюють довкілля у вигляді харчових відходів. Автори оцінили хімічний ризик необроблених рідких стоків, які скидаються з підприємства з переробки молока, розташованого в Бешарі (на південному заході Алжиру), шляхом аналізу основних хімічних індикаторних параметрів забруднення води, дотримуючись офіційних аналітичних методів. Протягом лютого, березня та квітня 2019 року було проаналізовано десять

зразків. Отримані результати були інтерпретовані згідно з нормативними вимогами, рекомендованими Алжирським стандартом щодо граничних значень фізико-хімічних параметрів. Отримані результати показали ознаки забруднення, що виявляються високими рівнями органічних речовин: хімічне споживання кисню (ХСК: 810,33 мг/л), 5-денне біохімічне споживання кисню (БСК5: 797,91 мг/л).), загальний вміст завислих речовин (TSS: 47,3 мг/л) і каламутність (174,014 NTU), що перевищує вимоги національного стандарту, за винятком інших фізико-хімічних параметрів, таких як pH, електропровідність, вміст сульфатів, нітратів і нітритів, які не перевищують порогове значення допустимих значень. Незважаючи на те, що ці неочищені стоки містять високе органічне навантаження, виражене середнім співвідношенням БСК5/ХСК, що дорівнює 0,985, вони становлять органічні речовини в розчиненій формі (середнє значення співвідношення TSS/БСК5 = 0,076). Крім того, співвідношення COD/BOD5, яке мало середнє значення 1,015, підкреслює характер біологічного розкладання скинутих молочних стоків. Високий рівень забруднення, який посилюється відсутністю очищення стічних вод, може завдати шкоди навколишньому середовищу та біологічному різноманіттю, а отже, і здоров'ю людей. Це вимагає негайного втручання для вирішення, де дуже важливо встановити належні системи очищення стічних вод для захисту навколишнього середовища та екологічного балансу. Інакше це може становити ризик для здоров'я населення в середньо- та довгостроковій перспективі, впливаючи на якість підземного резервуару, відомого як основне джерело постачання для жителів посушливих і напівпосушливих районів. Невирішеним залишається саме обґрунтування методу очищення забруднених стічних вод для захисту навколишнього середовища та екологічного балансу.

У дослідженні [14] автори визначають роль очищення стічних вод у досягненні цілей сталого розвитку (ЦСР) та рекомендацій щодо сталого розвитку. Автори зазначають що зараз світ прагне досягти глобально прийнятих цілей сталого розвитку (ЦСР). Вивчення ролі технологій у досягненні ЦСР має вирішальне значення для тих, хто приймає рішення, і дозволить їм подолати будь-який можливий компроміс. У цій роботі вказана роль управління стічними водами в досягненні ЦСР. Аналіз виконаний авторами показує, що очищення стічних вод може сприяти досягненню 11 із 17 ЦСР. Основним внеском є здатність підвищувати доступність води (ЦСР 2: нуль голоду та ЦСР 6: чиста вода та санітарія), покращувати здоров'я людей у всьому світі (ЦСР 3: гарне здоров'я та добробут), забезпечуючи нове джерело доходу для дрібних власників (ЦСР 1: відсутність бідності та ЦСР 8: гідна робота та економічне зростання), перетворення відходів на енергію (ЦСР 7: доступна та чиста енергія та ЦСР 9: промисловість, інновації та інфраструктура) та зменшення впливу стічних вод на навколишнє середовище (ЦСР 11: стійкі міста та громади, ЦСР 12: відповідальне споживання та виробництво, ЦСР 13: боротьба зі зміною клімату та ЦСР 14: життя під водою). У дослідженні також обговорюються проблеми, пов'язані з впровадженням та оцінкою цих цілей. Авторами запропоновано набір індикаторів (керівні принципи) для покращення внеску очисних споруд у досягнення ЦСР. У цьому дослідженні наголошується на значному впливі очищення стічних вод на цілі та цілі Організації Об'єднаних Націй у всьому світі. Невирішеним залишається питання застосування та ієрархічного співставлення цілей та індикаторів сталого розвитку при виборі або поєднанні ефективної, екологічно чистої та енергоефективної біотехнології очищення стічних вод.

Це вказує на необхідність впровадження додаткових показників складових сталого розвитку, адаптованих у відповідності до об'єкту дослідження, при формуванні критеріальної бази ієрархії вибору екологічно ефективного методу очистки стічних вод підприємств харчової промисловості. У такій постановці в раніше опублікованих дослідженнях завдання не ставилось.

Виклад основного матеріалу

Проблема, як бачимо, має глобальний характер та потребує комплексного вирішення як на національному, так і на світовому рівні.

Критеріальна база ієрархії вибору екологічно ефективних інноваційних рішень програмно-аналітичного методу підвищують комплексність та ефективність рішень з підвищення екологічної безпеки. Авторами, на основі проведених попередніх досліджень [15, 16] визначено, що для виконання задач такої складності застосовуються методи системного аналізу, до яких відноситься метод аналізу ієрархій (MAI) [17-20].

Ієрархічна модель вибору екологічно ефективних інноваційних рішень програмно-аналітичного методу на основі системного аналізу, дозволяє визначати відносну значущість критеріїв та індикаторів якості довкілля. Обов'язково враховує цілі сталого розвитку та рекомендації щодо сталого розвитку, що передбачає забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості та враховує соціальні, економічні і екологічні складові збалансованого розвитку, спрямовані на створення економічного потенціалу, повноцінного життєвого

середовища для сучасного та наступних поколінь.

Побудова ієрархії та виділення елементів на кожному рівні надає істотний вплив на вибір.

Застосування комплексного підходу при обґрунтуванні екологічних інноваційні рішень щодо зменшення виробничого впливу на довкілля дозволяє:

- визначати, з використанням експертної оцінки елементів кожного ієрархічного рівня відносну значущість елементів ієрархії в групах та відповідно має комп'ютерну реалізацію;
- розв'язувати актуальні проблеми у сфері захисту навколишнього середовища із застосуванням загальноприйнятих та/або стандартних підходів та міжнародного і вітчизняного досвіду;
- розробляти рекомендації щодо застосування передового досвіду та першочергового впровадження екологічних інноваційні рішень для запобігання негативних наслідків забруднення на засадах сталого розвитку.

Отже, для застосування комплексного підходу при обґрунтуванні екологічних інноваційні рішень щодо зменшення виробничого впливу на довкілля при впровадженні буде найкращим з позицій особливостей навколишнього середовища, населеного пункту, де воно впроваджуватиметься, а також специфічних вимог, що висуваються до даної технології або їх компонування. Крім того, слід зазначити, що при виборі варіанта можна використовувати інформацію різного типу: дані безпосередніх вимірів, прогнозні та експертні оцінки.

Висновки

Розробляючи обґрунтовані рекомендації щодо застосування комплексного підходу при обґрунтуванні екологічних інноваційні рішень щодо зменшення виробничого впливу на довкілля, сприятиме стратегічному управлінню екологічною та соціальною безпекою урбанізованих територій в Україні та світі.

Література

1. *Мовчан Ю. Політика ЄС у сфері охорони довкілля. URL: https://minjust.gov.ua/m/str_2971*
2. *Тищенко Л.В., Марченко Т.К. Кіровоградський національний технічний університет Сучасні технологічні схеми для підготовки питної води URL: http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/4989/1/66.pdf*
3. *Халанчук Л. В., Коротун А. О. Оптимальний вибір методів очищення стічних та поверхневих вод URL: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/konf/2017/mkonf2017/dopovidy/mat.model/%D0%A5%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%87%D1%83%D0%BA-%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%83%D0%BD.pdf*
4. *Широкоступ О.А. Вплив ступеня забрудненості стічних вод міської каналізації на стан водних об'єктів. Забруднення джерел питного водопостачання // Матеріали науково-практичної конференції III екологічного Форуму «Екологія промислового регіону». Краматорськ. 2018. С. 161*
5. *Майлунець Н. В. Споживання води і перспективне обладнання для очищення стічних вод / Н. В. Майлунець, М. М. Зацерклянний // Вода в харчовій промисловості : зб. тез доп. X Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, Одеса, 21–22 березня 2019 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса : ОНАХТ, 2019. С. 61–63*
6. *Гетта О. С. Підвищення екологічної безпеки стічних вод харчових виробництв озонуванням шляхом очищення (знезараження). Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер.: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. зб. наук. пр. 2021. Харків: НТУ «ХПІ». №1.С. 24-29.*
7. *Андронов В. А., Макаров Є. О., Данченко Ю. М., Обіженко Т. М. Дослідження закономірностей формування та хімічного складу стічних вод молокопереробного підприємства Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека», 7. 1. 2020. С. 13–21. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/10750/1/13-21-Andronov_Makarov_Danchenko_Obizhenko.pdf DOI: 10.5281/zenodo.3780011*
8. *Ребрикова П. А., Шидловська О. А., Жолобак Н. М., Мокроусова О. Р. Біотехнологічні аспекти очищення стічних вод підприємств, що переробляють продукти тваринництва / П. А. Ребрикова, О. А. Шидловська, Н. М. Жолобак, О. Р. Мокроусова // Наукові праці НУХТ. 2018. Т. 24, № 6. С. 42–49. URL: https://nuft.edu.ua/doi/doc/swnuft/2018/6/7.pdf DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-6-7*
9. *Miklas V., Touš M., Miklasová M., Máša V., Hornák D. Winery Wastewater Treatment Technologies: Current Trends and Future Perspective, Chemical Engineering Transactions, 94, 2022. pp. 847–852.*
10. *Havryshko, M., Popovych, O., Yaremko, H., Tymchuk, I., Malovanyy, M.. Analysis of Prospective Technologies of Food Production Wastewater Treatment. Ecological Engineering & Environmental Technology, 23(2), 2022. pp. 33–40. URL: https://doi.org/10.12912/27197050/145201*
11. *Makhlay, K., Tseitlin, M., & Raiko, V.. A study of wastewater treatment conditions for the poultry meat processing enterprise. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(10 (93), 2018. pp. 15–20. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131122*
12. *Siti Baizurah MahataR., Omara H.Che ManbA.I.Mohamad IdriscS.M.Mustapa KamaldA.IdrisaC.ShreeshivadasaneN.S.JamaliaL.C.Abdullaha Performance of dynamic anaerobic membrane bioreactor (DAnMBR) with phase separation in treating high strength food processing wastewater Journal of Environmental Chemical Engineering Volume 9, Issue 3, June 2021, 105245 URL: https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105245*
13. *Nabbou, N., Benyagoub, E., Mellouk, A. et al. Risk assessment for chemical pollution of dairy effluents from a milk processing plant located in Bechar (Southwest of Algeria). Appl Water Sci 10, 229. 2020. URL: https://doi.org/10.1007/s13201-020-01309-w*
14. *Khaled Obaideen, Nabila Shehata, EnasTahaSayed, Mohammad Ali Abdelkareem, Mohamed S. Mahmoud, A. G.*

Olabi. The role of wastewater treatment in achieving sustainable development goals (SDGs) and sustainability guideline. Energy Nexus 7. 2022. 100112 URL: https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100112

15. Teliura, N.O. Development of the methodological approach to the selection of technologies for environmentallysafe water drainage in populated areas. [Text] / N.O. Teliura // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – № 6(10-96). – P.55–63 https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148689

16. Teliura, N. Selection Methodology of Ecological Safety Priorities of Sustainable Development Goals of Urban Agglomerations. [Text] / N.Teliura, N Tsapko,., H. Khabarova,., O. Lomakina, O. Pshenichnova,, T. Klochko, M. Nechyporuk, V. Pavlikov, .D. Kritskiy // Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2021. ICTM 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, Cham. – 2022. – 367. – P. 941–950 https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_73

17. Teliura, N. O. Ensuring of an ecological safety of eutrophic water bodies via the implementation of priority water disposal technologies in settlements [Текст] / N. O. Teliura // Wissenschaft für den modernen Menschen: innovative technik und technologie, informatik sicherheitssysteme, verkehrsentwicklung, architektur: monografische reihe «Europäische Wissenschaft». – Karlsruhe. Germany: ScientificWorld-NetAkhatAV, 2021. –Buch 4. – Teil 4. 2021. P. 10-19.

18. Саати, Т.Л. Принятие решений: Метод анализа иерархий [Текст]: пер. с англ. / Т. Л. Саати ; Переводчик Р. Г. Вачнадзе . – М. : Радио и связь, 1993 . – 314 с.

19. Телюра, Н. О. Підвищення екологічної безпеки евтрофованих водних об'єктів шляхом впровадження пріоритетних технологій водовідведення в населених пунктах [Текст] : дис. … канд. техн. наук : 21.06.01 / Н. О. Телюра. Харків, 2019. – 190 с.

20. Решетченко, А. І., Телюра, Н. О., Ломакіна О. С. Обґрунтування техніко-економічних рішень підвищення екологічної безпеки урбосистем Комунальне господарство міст. 2022. – Т. 3. – № 170. – С. 62–70 DOI 10.33042/2522-1809-2022-3-170-62-70 https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5952/5870

References

1. Movchan Y.U. Polityka YES u sferi okhorony dovkillya. URL: https://minjust.gov.ua/m/str_2971

2. Tyshchenko L.V., Marchenko T.K. Kirovohrads′kyy natsional′nyy tekhnichnyy universytet Suchasni tekhnolohichni skhemy dlya pidhotovky pytnoyi vody URL: http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/4989/1/66.pdf

3. Khalanchuk L. V., Korotun A. O. Optymal′nyy vybir metodiv ochyshchennya stichnykh ta poverkhnevykh vod URL: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/konf/2017/mkonf2017/dopovidy/mat.model/%D0%A5%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%87%D1%83%D0%BA-%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%83%D0%BD.pdf

4. Shyrokostup O.A. (2018). Vplyv stupenya zabrudnenosti stichnykh vod mis′koyi kanalizatsiyi na stan vodnykh ob″yektiv. Zabrudnennya dzherel pytnoho vodopostachannya. *Materialy naukovo-praktychnoyi konferentsiyi III ekolohichnoho Forumu «Ekolohiya promyslovoho rehionu».* Kramators′k. S. 161

5. Maylunets N. V., Zatserklyannyy M. M. (2019). Spozhyvannya vody i perspektyvne obladnannya dlya ochyshchennya stichnykh vod. *Voda v kharchoviy promyslovosti : zb. tez dop. KH Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv, Odesa, 21–22 bereznya 2019*. Odes. nats. akad. kharch. tekhnolohiy. Odesa : ONAKHT. S. 61–63

6. Hetta O. S. (2021). Pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky stichnykh vod kharchovykh vyrobnytstv ozonuvannyam shlyakhom ochyshchennya (znezarazhennya). *Visnyk Natsional′noho tekhnichnoho universytetu «KHPI». Ser.: Innovatsiyni doslidzhennya u naukovykh robotakh studentiv. zb. nauk. pr*. Kharkiv: NTU «KHPI». №1. S. 24-29.

7. Andronov V. A., Makarov YE. O., Danchenko YU. M., Obizhenko T. M. (2020). Doslidzhennya zakonomirnostey formuvannya ta khimichnoho skladu stichnykh vod molokopererobnoho pidpryyemstva *Naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Tekhnohenno-ekolohichna bezpeka»*, 7. 1. S. 13–21. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/10750/1/13-21-Andronov_Makarov_Danchenko_Obizhenko.pdf DOI: 10.5281/zenodo.3780011

8. Rebrykova P. A., Shydlovs′ka O. A., Zholobak N. M., Mokrousova O. R. (2018). Biotekhnolohichni aspekty ochyshchennya stichnykh vod pidpryyemstv, shcho pereroblyayut′ produkty tvarynnytstva. *Naukovi pratsi NUKHT*. T. 24, № 6. S. 42–49. URL: https://nuft.edu.ua/doi/doc/swnuft/2018/6/7.pdf DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-6-7

9.Miklas V., Touš M., Miklasová M., Máša V., Hornák D. (2022). Winery Wastewater Treatment Technologies: Current Trends and Future Perspective, Chemical Engineering Transactions, 94. pp. 847–852.

10.Havryshko, M., Popovych, O., Yaremko, H., Tymchuk, I., Malovanyy, M.. (2022). Analysis of Prospective Technologies of Food Production Wastewater Treatment. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(2). pp. 33–40. URL: https://doi.org/10.12912/27197050/145201

11. Makhlay, K., Tseitlin, M., & Raiko, V.. (2018). A study of wastewater treatment conditions for the poultry meat processing enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10(93)). pp. 15–20. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131122

12.Siti Baizurah MahataR., Omara H.Che ManbA.I.Mohamad IdriscS.M.MustapaKamaldA.IdrisaC.ShreeshivadasaneN.S.Jam aliaL.C.Abdullaha (2021). Performance of dynamic anaerobic membrane bioreactor (DAnMBR) with phase separation in treating high strength food processing wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering* Volume 9, Issue 3. 105245 URL: https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105245

13.Nabbou, N., Benyagoub, E., Mellouk, A. et al. (2020). Risk assessment for chemical pollution of dairy effluents from a milk processing plant located in Bechar (Southwest of Algeria). *Appl Water Sci* 10, 229. URL: https://doi.org/10.1007/s13201-020-01309-w

14. Khaled Obaideen, Nabila Shehata, EnasTahaSayed, Mohammad Ali Abdelkareem, Mohamed S. Mahmoud, A. G. Olabi. (2022). The role of wastewater treatment in achieving sustainable development goals (SDGs) and sustainability guideline. *Energy Nexus* 7. 100112 URL: https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100112

15.Teliura, N.O. (2018). Development of the methodological approach to the selection of technologies for environmentallysafe water drainage in populated areas. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 6(10-96), 55–63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148689

16. Teliura, N., Tsapko, N., Khabarova, H., Lomakina, O., Pshenichnova, O., Klochko, T. (2022). Selection Methodology of Ecological Safety Priorities of Sustainable Development Pavlikov, V., Kritskiy, D. (eds) Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2021. ICTM 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, Cham. 367, 941–950. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_73
17. Teliura, N. O. (2021). Ensuring of an ecological safety of eutrophic water bodies via the implementation of priority water disposal technologies in settlements. Wissenschaft für den modernen Menschen: innovative technik und technologie, informatik sicherheitssysteme, verkehrsentwicklung, architektur: monografische reihe «Europäische Wissenschaft». Karlsruhe. Germany: ScientificWorld-NetAkhatAV, 4, 10-19.
18. Saati, T.L. (1993). Decision making. Method of analysis of hierarchies : trans. with English. Translator RG Vachnadze. Moscow: Radio and Communication, 314.
19. Teliura N.O. (2019). Improving the environmental safety of eutrophied water bodies through the implementation of priority technologies for drainage in populated areas [Text]: dis. … Cand. tech. Sciences: 21.06.01. Kharkiv, 190 p.
20. Reshetchenko A., Teliura H., & Lomakina O. (2022). Directions of technological and development regulatory and legal instruments of the organization environmental activity in Ukraine. *Municipal Economy of Cities*, 3(170), 62–70. DOI 10.33042/2522-1809-2022-3-170-62-70. https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5952/5870

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.В. Саввова, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ТЕЛЮРА Наталя Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерної екології міст
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – nata.teliura@ukr.net
ID ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0732-7789

Автор: СОРОКІНА Катерина Борисовна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та очищення вод
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – katerinasorokina@kname.edu.ua
ID ORCID: http://orcid.org/0000-0002-9086-6961

Автор: ЛОМАКІНА Ольга Сергіївна
старший викладач кафедри інженерної екології міст
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – oslomakina@ukr.net
ID ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3908-4638

Автор: ЛУКАШЕВИЧ Дар'я Сергіївна
студентка 4 курсу
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – darialukashevych@gmail.com
ID ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0550-3849

COMPLEX JUSTIFICATION OF ENVIRONMENTALLY INNOVATIVE SOLUTIONS REGARDING THE REDUCTION OF PRODUCTION IMPACT ON THE ENVIRONMENT

N. Teliura, K. Sorokina, O. Lomakina, D. Lekashevych
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Approaches to substantiation of innovative ecological solutions to reduce the production impact on the environment have been studied. Ways to increase environmental safety on the basis of sustainable development through a well-founded complex selection of innovative solutions are proposed. Based on the method of analysis of hierarchies (MAI), a methodical approach for determining the priority innovative ecological solutions. The developed approach makes it possible to involve experts in environmental, urban planning, social, and economic direction of municipal management bodies of a specific settlement, industrial, residential, and military facilities.

According to the developed approach, criteria formulated as influencing groups of factors. Relevant experts, relying on various types of information (data of direct measurements, statistical and predictive estimates) on the specific purpose and innovative ecological solutions, give their own judgments regarding the priority of the advantages of the specified criteria. Expert judgments are processed according to the formal procedure of the MAI, which is implemented on a computer, and is the basis for decision-making when choosing the innovative ecological solutions in specific conditions.

The multi-criteria hierarchical structure of innovative ecological solutions is represented by a sequence of actions that include the following stages: development of elements of a methodical approach; verification of the consistency of the proposed hierarchical structure for determining priority technologies based on the input data of several objects of settlements; obtaining data on the priority of innovative ecological solutions for implementation on these objects. The advantages of the proposed methodical approach should include the possibility to link to a single algorithm for the justification of the required decision data that differ both in their content (ecological, biological in terms of higher aquatic plants, urban planning, social and economic) and in the form of presentation (data of direct measurements, statistical and predictive estimates).

Keywords: *environmental safety, balanced nature management, system approach, technologies, tools and ecological and economic aspects of environmental protection activities, environmental quality, processing of eco-data, regulatory framework, sustainability.*