

УДК 637.5(075.8):574.58

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF WASTEWATER POLLUTION FROM SLAUGHTERHOUSES

I. Oshchypok

Ivan Franko National University of Lviv

Key words:

slaughterhouse,
ecology,
waste water,
pollution,
ecosystem

Article history:

Received 06.10.2024

Received in revised form
09.11.2024

Accepted 21.11.2024

Corresponding author:

him1960@ukr.net

ABSTRACT

The article examines the factors of sewage pollution in slaughterhouses. At the same time, an important factor is the human ability to control the load on the ecosystem operating in this environment. This impact should be evaluated from the standpoint of taking into account the processing capabilities of wastewater before self-purification. The evaluation of wastewater from slaughterhouses and the content of toxic substances in them according to complex indicators is not sufficiently systematized in Ukraine. Data on such pollution and recommendations for the selection of effective methodical approaches for their implementation were the subject of a review that was conducted for a long time in France. It is shown that the waste of production and sanitary-hygienic processing of livestock is not sufficiently controlled in the process of obtaining animal products, there are non-ecological technical solutions, the weak interest of enterprises in fulfilling ecological requirements cause significant damage to the natural environment and contribute to the increase of negative phenomena. The lack of methodological in-depth research in Ukraine in the evaluation of wastewater in the zone of influence of the urban system determines the scientific significance and relevance of such research.

The work shows the solution to the tasks of analysis and generalization of existing research approaches to the problem of ensuring the proper condition of territories from the growing load of contaminated discharges from slaughterhouses; methodical approaches and a methodology for researching their impact on the surrounding ecosystem have been formed. A whole range of indicators were considered, including the method of biological oxygen consumption, chemical oxygen demand (DCO), suspended solids (MES), Kjeldahl nitrogen (NKJ), nitrogen materials Global NGL. Important characteristics of control and disposal of emissions from slaughterhouses are given: significant organic load and biodegradability, high concentration of pollutants, taking into account both the nature of the activity and the regulatory context, providing for the reasoned use of drinking water. The composition of the mixture of wastewater from a multi-purpose slaughterhouse and the main trends in pollution of untreated wastewater are given.

DOI: 10.24263/2225-2916-2024-35-9

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕНЬ СТИЧНИХ ВОД З БОЄНЬ

І. М. Ощипок, д-р технічних наук, <https://orcid.org/0000-0002-5427-3376>

Львівський національний університет ім. І. Франка

У статті розглянуто фактори забруднення стічних вод у місцях діяльності боєнь і показано вирішення завдань аналізу й узагальнення існуючих підходів дослідження проблеми забезпечення належного стану територій від зростаючого навантаження забруднених скидів з боєнь; сформовано методичні підходи і методологію дослідження їх впливу на прилеглу екосистему. Наведені важливі характеристики контролю та знешкодження викидів з боєнь: значне органічне навантаження та біорозкладність, висока концентрація забруднюючих речовин, що враховують як характер діяльності, так і нормативний контекст, передбачаючи аргументоване використання питної води. Наведено склад суміші стічних вод багатоцільової бойні й основні тенденції забруднень необроблених стічних вод.

Ключові слова: бойня, екологія, стічна вода, забруднення, екосистема.

Вступ. У сучасних умовах діяльності м'ясної промисловості, коли закриваються великі м'ясокомбінати, важливого значення набувають бойні. Вони забезпечують дрібних і крафтових виробників м'ясом і напівфабрикатами.

Відходи виробництва і санітарно-гігієнічної обробки худоби, недостатній контроль за процесами отримання тваринної продукції, неекологічні технічні рішення, слабка економічна зацікавленість підприємств до виконання екологічних вимог завдають значних збитків природному навколишньому середовищу і сприяють наростанню негативних явищ.

Відсутність методологічних глибоких досліджень в Україні в оцінці стічних вод у зоні впливу урбосистеми визначають наукову значимість та актуальність таких досліджень.

Розглянемо бойні як підприємства, що належать до надійного знаряддя безпечної роботи в процесі отримання м'ясної сировини в належних санітарних умовах, необхідних для розширення асортименту продукції ринку. Вони стали єдиним місцем забою тварин, яке гарантує їх ретельний ветеринарний контроль при ввезенні на територію бойні та вивезенні м'яса на ринок.

Важливим аспектом під час роботи бойні є здатність людини контролювати навантаження на екосистему, яка діє в цьому середовищі, а не на нездійсненну можливість повного очищення від забруднення, кількість якого може бути прийнятною для навколишнього природного осередку, що здатне до самоочищення, якщо забруднення незначне.

Цими питаннями займається екологія. Вона також цікавиться питаннями нашого побуту і надає відповідні інструменти, щоб зрозуміти, яка шкода може бути завдана навколишньому середовищу. Цей вплив не слід недооцінювати, але необхідно враховувати переробні можливості стічної води до самоочищення. Зрештою, екологічне законодавство гарантує суспільний інтерес, що прагне забезпечити виконання завдань, не завдаючи шкоди інтересам інших.

Якісні характеристики природних вод, що використовуються для потреб водопостачання, залежать від фізичних і хімічних властивостей вихідної води, а також її бактеріального забруднення. Природна вода — складна багатокомпонентна динамічна система, її склад, до якого входять мінеральні речовини, гази, колоїдні та гру-

бодисперсні частинки, а також мікроорганізми, формується в результаті взаємодії води з навколишнім середовищем — гірськими породами, ґрунтом, атмосферою.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Під час роботи бойні застосовується питна і промислова вода. Питна вода — це вода високої якості для використання в побуті і пиття людиною, яка повинна відповідати мікробіологічним вимогам. Якість води встановлюється ДСТУ 7525:2014 і ДСанПіН 2.2.4-171-10. Для обробки туш у забійних цехах використовується питна вода з відповідними гігієнічними вимогами, встановленими правилами.

Технічну воду можна розглядати в двох аспектах:

- з одного боку, вода, яка надходить у процес підготовки туші та не вступає з нею в контакт. Це стосується використовуваної води для охолодження машин або виробництва пари. Це також вода, яка подається пожежними гідрантами;
- з іншого боку, вода, отримана в результаті процесу підготовки і переробки худоби, наповнена органічними речовинами. Вона являє собою промислові стоки від забою.

Стосовно оцінки стічних вод з боєнь і вмісту в них токсичних речовин, то в Україні відсутні систематизовані дані таких забруднень і рекомендації щодо вибору ефективної методики їх проведення. Відповідні дослідження проводились за кордоном, зокрема у Франції [9—18]. Отримані результати з великим ступенем імовірності можуть прийматися для оцінки забруднюючого впливу стоків з боєнь на екологію районів їх розташування.

Дослідженню процесів сталого розвитку територій присвячені наукові праці таких іноземних та вітчизняних вчених, як: Ф. Джовані [5], А. Оніші [6], Р. Білінк [7], Г. Кларк [8], М. Долішний [2], З. Герасимчук, І. М. Вахович [3], В. Я. Шевчук [4].

Мета досліджень: обґрунтувати методичну базу та методологію дослідження впливу забруднених скидів з боєнь на прилеглу екосистему, проаналізувати й узагальнити існуючі підходи до дослідження проблеми забезпечення належного стану територій від шкідливого навантаження.

Матеріали і методи. У роботі використовувалися положення нормативного законодавства, відомчі документи та звіти. Для вирішення поставлених завдань приймалась сукупність загальнонаукових, емпіричних, теоретичних і спеціальних методів. Загальнонауковий метод аналізу — формування наукових проблем, узагальнення сучасних наукових висновків про стан системи місць розміщення бойнь. Узагальнення сучасних наукових знань про екологічну систему, антропогенне навантаження та рівень забруднення.

Узагальнення сучасних наукових знань про антропогенні навантаження та забруднення шкідливими компонентами навколишнього середовища забрудненими стоками, передумовами формування урбосистеми, рівні антропогенних навантажень.

Системний аналіз та інтеграція суб'єктивних, об'єктивних і структурно-функціональних аспектів (з метою аналізу стану територіальної системи як комплексу). Стан екологічної безпеки та визначення типових індикаторів для моніторингу критичних явищ у навантажених зонах.

Оцінку забруднень проводять на основі методу біологічного споживання кисню. Біологічне споживання кисню (БСК) — це термін, який означає кількість кисню, необхідного для окислення речовин аеробними бактеріями, біологічно зброджувана органіка [17]. Це ступінь забруднення води органічними речовинами, що розкладаються природними біологічними шляхами (мікрофлора приймального середовища)

або антропогенного (очисні споруди, біологічні стічні води). Фактичне виділення органічних речовин у воду, придатну для використання аеробними бактеріями, які в ній природно присутні і супроводжується метаболізмом органічних речовин бактеріями, споживаючими кисень. БСК найчастіше вимірюють після п'яти днів (BCK_5/BOD_5), а отриманий результат є об'ємом розчиненого кисню, спожитого бактеріями протягом цих п'яти днів, виражених у міліграмах кисню на літр води. Проте це п'ятиденне вимірювання не є достатньо обґрунтованим: можна вважати, що деградація органічної речовини здійснюється у дві фази [16]: «вуглеводнева» фаза, починаючи з відбору проб води та протягом двадцяти днів при температурі 20 °C, дозволяючи знищити сполуки вуглецю, накладені з фазою нітрифікації, що не починається до 6—10 днів і продовжується після двадцятого дня. Незважаючи на це, вважаємо, що кінцева фаза БСК досягається на двадцять перший день.

Хімічна потреба в кисні (DCO) означає концентрацію забруднюючих речовин неорганічної та (або) органічної природи, які не піддаються біологічному розкладанню водними мікроорганізмами у водних біотопах [17]. DCO стічних вод є важливим показником, тому що через коефіцієнт окислюваності BOD_5/DCO дає змогу оцінити здатність стічних вод очиститися за допомогою біологічного процесу. Наявність крові, шламу або стеркоральних речовин у воді, відходів забійного процесу призводить до середнього навантаження DCO води близько 3 г·л⁻¹ [18].

Завислі тверді речовини (MES). Суспензії MES представлені всіма мінеральними та (або) органічними частинками, що містяться в забрудненій воді [17]. Завислі тверді речовини є основною причиною каламутності води. Вони можуть мати цілком природне походження. Вимиті частинки глинисто-гумусового комплексу проточною водою, відірвані від ґрунту чи органіку, що надходить з біоценозу водотоку.

Суспензії бувають двох типів [18]:

- декантні матеріали, які осідають у стані спокою протягом певного періоду часу, зазвичай протягом двох годин;
- колоїдні матеріали, які являють собою дрібні частинки (від 10^{-2} до 10^{-8} мм), що не декантуються. Натепер неможливо вилучити речовини жирового походження з рідких стоків. Можна намагатися замінити екстракцію хлороформом екстракцією гексаном, проте вона використовується набагато рідше.

Азот К'ельдаля (NKJ) — це сума азоту, що міститься в зразку в органічній речовині та азоту в аміачній формі (NH_4^+) [14]. Він визначається методом К'ельдаля, який полягає в кислотному розщепленні білків і поліпептидів, що містяться в зразку, з подальшим вивільненням аміаку підлюговуванням середовища. Саме в цій аміачній формі дозується азот. Результат має бути нульовий або неповний для азидів, азосполук, гідразонів, гідразинів, гідроксиамінів, нітритів і нітратів. Результатом дозування буде азот NKJ, виражений як концентрація азоту N.

Азотні матеріали (MA) називають азотом Global NGI, які визначаються сумою результатів визначень азоту NKJ, нітратів NO_3 і нітритів NO_2 .

Результати досліджень. Досліджувалися забруднюючі навантаження та потоки викидів з боєнь у Франції в 1999 році. Діяльність боєнь дала змогу переробити майже 3 800 000 тонн м'яса всіх видів разом. Враховуючи дослідження FNEAP 1996 р. [10], яке визначило середнє споживання води на бойнях в 5 м³ на тонну обробленої худоби. Така діяльність призводить до викидів 19 млн м³ необроблених стоків. Зважаючи на всі обсяги переробки, слід зазначити, що харчова промисловість займає провідне місце зі скидання окисних матеріалів і зважених частинок, і друге за азотом та фосфором після хімічного сектору (парахімія — нафта) [16].

Необроблені стоки від будь-якого функціонування з обробки продуктів тваринництва мають загальну та специфічну характеристику в панорамі їх очищення: навантаження органічними речовинами у вигляді азоту і жирів (оцінюються шляхом вимірювання речовин екстрагованих хлороформом — SEC).

Однак також можна навести деякі інші характеристики, які є такими ж важливими для контролю та знешкодження:

- значне органічне навантаження та біорозкладність;
- висока концентрація забруднюючих речовин, що враховує як характер діяльності, так і нормативний контекст, передбачаючи аргументоване використання питної води;
- значну кількість промивної води у формуванні стічних викидів.

Стоки, характерні для боєнь, містять кров [11], яка утворюється в місці знекровлення. Вона складає в середньому 7% від маси туші. Кров'ю насичується вода, в якій міститимуться білки, але мало вуглеводів і ліпідів: суха речовина різна — від 15 до 20%. По суті, отримуємо дві фази, яку можна розділити центрифугування або декантацією:

- плазма: циркулюючі білки та мінеральні солі;
- форменні елементи, що складаються з еритроцитів, глобули білків і тромбоцитів тощо.

Результати середнього відсоткового аналізу одного літра цільної крові:

- вода: 80%;
- білки: від 12,5 до 18% (незамінні амінокислоти);
- інші: від 2 до 7,5% (ліпіди, глюкоза, солі).

Органічне навантаження з 1 л крові становить:

- 320 г DCO;
- 25 г NKJ.

Вода для очищення травної системи худоби: спорожнення і очищення шлунка і кишечника породжує в жуйних рідку фракцію (розчинені речовини шлунково-кишкового тракту) в значній кількості (30% травного вмісту, тобто від 15 до 25 л на велику рогату худобу), з надто значними забрудненнями (30 г DCO на літр); у свиней — слиз (200 г л⁻¹ DCO — тонкий кишківник свині — CEMAGREF) і жири (1 г жиру = 2,5 г DCO), розчинені в гарячій воді після ошпарювання, що являють собою значне органічне навантаження.

Рідкі стоки від роботи бойні, якими б вони не були, безпосередньо залежать від кількості споживаної води, яка містить речовини, що забруднюють довкілля. Визначення таких викидів ґрунтується на репрезентативних вибірках, дані яких виражені в обсягах органічного навантаження, пов'язаних з кількістю переробленої худоби різних видів.

Стічні води багатоцільової бойні складаються (рис. 1) із суміші.

Ці стоки найчастіше мають червонуватий відтінок і являють собою значне навантаження різних складових: обрізь, згустки крові, шматочки рогів і копит, фекалії, соломі тощо.

Важко встановити довідкові дані фізико-хімічних характеристик утворених забійних стоків. З одного боку, неможливо через витoki в умовах роботи різних боєнь з дуже високою потужністю забою. З іншого боку, щоденна концентрація викидів залежить від обсягу спожитої води, а також кількості очищеної води.

Основні тенденції забруднень необроблених стічних вод узагальнено в табл. 1 [9].



Рис. 1. Стічні води багатоцільової бойні

Таблиця 1. Коефіцієнти викидів бойні

Параметри	Дані CEMAGREF	Результати AELB
Об’єм (л. кг ⁻¹)	7,7	5
ДВО ₅ (г. кг ⁻¹ тушу)	13,2	9
БСК (ДВО)	31	23
MES	11,1	7,1
NGL	1,6	1
PT	0,13	0,3
SEC	5,2	2,5

Дослідження CEMAGREF протягом періоду з 1982 по 1985 роки, зокрема робота SOUCHON, яка в основному стосується діяльності забою і нутрування на багатоцільових бойнях (велика рогата худоба, свині), збір вимірених або екстрапольованих значень [9] водним агентством Луара-Бретань у рамках моніторингу виплат за забруднення м’ясопереробною промисловістю. Дослідження були зосереджені на заході Франції, де ці сектори складають понад 50% національного виробництва.

Останні значення, які відповідають середнім значенням, проведених у період 1982/2000 рр., тобто за 19 років, слід розглядати з обачливістю, оскільки відсутні систематизовані методи проведення досліджень: середні, одноразові покази, екстраполяції для компаній, що підлягають оцінці рівнів забруднення (за допомогою розрахункової таблиці Єдиної ставки ТЕФ, доданої до указу від 28 жовтня 1975 р.). Крім того, рівень функціонування не враховується з точки зору виробленого м’яса або переробленої худоби, спеціалізації та продуктивності інструменту. Всі ці дані означають велику варіабельність результатів, отриманих у контролі скидів забруднюючих речовин.

Дані CEMAGREF датуються до 1983 р., тобто раніше запровадженого нормативного ліміту споживання води 6 літрів на 1 кілограм обробленої туші (постанова від 1 лютого 1983 р. скасована і замінена указом від 1 лютого 1998 р. [15]. Однак ці дані найкраще відображають реальність на основі неперевіраних неочищених стічних вод порівняно з вимірюваннями AELB (стоки просіюють і декантують протягом 2 год).

Висновок. Бойні є основним осередком забезпечення здоров'я споживачів на території їх роботи, тому в контексті навколишнього середовища повинні вживатись заходи щодо збереження екосистеми, яка постійно стає все більш важливою для суспільного життя. Бойні як постачальники м'яса в громадському харчуванні гарантують безпечну сировину для приготування страв. Проте місцеві громади мають бути не лише споживачами, а й гарантами збереження водних ресурсів, оскільки це спільна спадщина, збереження якої має бути ефективним. Стосовно екології така діяльність людини має передбачати бережливий вплив на навколишнє середовище, проживання в якому повинно бути безпечним і комфортним.

Якщо вода з боєнь скидатиметься у водойму без належного рівня очищення, наявні в ній забруднюючі речовини, що характеризуються значеннями біологічної та хімічної потреби в кисні (БСК₅/BOD₅ і DCO), приведуть до зниження вмісту розчиненого кисню у водоймі — її евтрофікації. Суспензії MES представлені всіма мінеральними та (або) органічними частинками, які є основною причиною каламутності води, тому підлягають очищенню. Азот Global NGI, який визначається сумою азоту NKJ, нітратів NO₃ і нітритів NO₂, необхідно досліджувати методом К'ельдаля. Методологію дослідження за наведеними показниками слід застосовувати, зважаючи на склад забруднень цих вод і доцільність їх очищення з урахуванням санітарно-гігієнічних і техніко-економічних показників. Дані досліджень стічних вод наведені в статті можуть прийматися для розрахунку забруднюючого впливу стоків з боєнь на екологію районів їх розташування.

Діагностований екологічний стан і методологія визначення гостроти змін у біосистемах оцінена на основі стану урбосистеми свого часу у Франції за соціо-економічними, екологічними показниками. Проаналізовані їх деструктивні впливи на навколишнє середовище, які з великою ймовірністю можуть бути застосовані у нас для оцінки стічних вод з боєнь.

Показаний структурно-функціональний стан навколишнього середовища, визначені показники оцінки інтегрального рівня екологічної безпеки за індикаторами ресурсного, біосферноцентричного та антропоцентричного блоків для формування матриці критичних станів прилеглих територій. Обґрунтовані методологічні підходи для проведення аналізів під час роботи боєнь з урахуванням їх соціо-економічного й екологічного стану, виявлені закономірності їх формування.

На основі отриманих даних слід удосконалювати систему комплексного моніторингу зони впливу урбосистеми діяльності боєнь для управління її сталим розвитком.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Наказ від 23.10.2014 № 1257.
2. Долішній, М. І. (2010). *Сучасні проблеми соціально-економічного розвитку регіонів*: монографія. Дніпропетровськ: ІМА-прес.
3. Герасимчук, З. В., Вахович, І. М. (2002). *Організаційно-економічний механізм формування та реалізації стратегії розвитку регіону*. Луцьк: ЛДТУ.
4. Шевчук, В. Я., Сахасв, В. Г. (2004). *Сталий розвиток і економіка природовідтворення*: монографія. Київ: Геопринт.
5. Jovane, F., Yoshikawa, H. (2008). The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. *CIRP Annals. Manufacturing Technology*, 57. 641—659.
6. Onishi, A. (2005). Futures of global interdependence (FUGI) global modeling system: Integrated global model for sustainable development. *Journal of Policy Modeling*, 27(1), 101—135.

7. Clark, G. (2007). Evolution of the global sustainable consumption and production policy and the United Nations Environment Programme's (UNEP) supporting activities. *Journal of Cleaner Production*, 15(6), 492—498.
8. Jegatheesan, V., Liow, J. L., Shu, L., Kim, S. H., Visvanathan, C. (2009). The need for global coordination in sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 17(7), 637—643.
9. AGENCE DE L'EAU LOIRE BRETAGNE. (2001). Bilan de la consommation d'eau et de la production d'effluents dans les industries de transformation de produits d'origine animale, période 1984—2000.
10. AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE. (1997). L'énergie, l'eau et les déchets dans le secteur des abattoirs des animaux de boucherie, 7, 35—55.
11. HOULIER, B. (1998). Récolte et traitements du sang des abattoirs: description des procédés, Cemagref Clermont Ferrand DRCF, Cemagref Editions, Antony, 148.
12. LE BÂCLE, C., BALTU, I., LEPRINCE, A. (2000). Risque de transmission de l'agent de l'encéphalopathie spongiforme bovine aux travailleurs de la filière viande de boucherie. Documents pour le médecin du travail, 4e trimestre, 84, 1—20.
13. LECLERC, H., OGER, (1975). C. Les eaux usées des abattoirs et leur importance épidémiologique. *Rev. Epidém., Méd. Soc. Et Santé Publ.*, 23(7—8), 429—444.
14. LEMAIRE, F. C., LEMAIRE, E. (1975). Dictionnaire de l'environnement, Marabout Université, Verviers, 317.
15. MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT. (1998). Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. *Journal Officiel de la République Française*, 52, 3247.
16. MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT. (1998). Principaux rejets industriels en France — bilan de l'année, Paris, 240.
17. RAMADE, F. (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Ediscience International, Paris, 786.
18. AGENCES DE L'EAU, MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT. (1996). Prévention des pollutions accidentelles dans les abattoirs, les équarrissages, les laiteries, les sucreries, Paris, 62.
19. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».