

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології та екологічної безпеки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОДУКЦІЇ**
ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ
ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ

Виконав: студент групи ЕКО-18м

спеціальності 101 – Екологія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Луцький Богдан Ігорович

(прізвище та ініціали)

Керівник Васильківський І.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Ранський А.П.

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 року

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
...	
ABSTRACT.....	6
...	
ВСТУП.....	7
...	
1 ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ВІННИЧЧИНИ.....	11
..	
1.1 Структура та обсяги промислового виробництва Вінниччини.....	12
1.2 Структура харчової промисловості.....	14
1.3 Вплив на довкілля підприємств харчової промисловості.....	14
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	18
2.1 Джерела забруднення навколишнього середовища на підприємствах м'ясної та молочної промисловостей.....	18
2.2 Аналіз викидів шкідливих речовин підприємствами харчової промисловості на прикладі ЗАТ «Турбів –цукор».....	23
2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря ЗАТ «Турбів–цукор».....	26
.	
3 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРОДУКТІВ	36

ХАРЧУВАННЯ.....	
3.1 Загальна характеристика ксенобіотиків і контамінантів.....	36
3.2 Забруднення продуктів канцерогенними речовинами.....	38
3.3 Забруднення продуктів харчування токсичними металами.....	40
4 ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....	45
4.1 Критерії безпеки харчових продуктів.....	45
4.2 Екологічна безпека людини при вживанні продуктів харчування забруднених важкими металлами.....	46
4.3 Контроль за вмістом важких металів у продовольчій сировині та продуктах харчування.....	50
4.4 Визначення вмісту важких металів в продовольчій сировині та харчових продуктах.....	56
4.4.1 Вибір методу аналізу.....	56
4.4.2 Підготовка проб до аналізу.....	58
4.4.3 Підготовка лабораторного посуду та приготування розчинів.....	60
4.4.4 Проведення аналізу.....	62

	4
4.4.5 Розрахунок вмісту важких металів в продуктах харчування.....	63
4.4.6 Статистична обробка результатів.....	65
4.5 Прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування.....	67
4.5.1 Кореляційний аналіз вмісту важких металів в продуктах харчування від їх вмісту в грунті.....	68
4.5.2 Прогнозування вмісту свинцю в продуктах харчування.....	70
4.5.3 Визначення похибок прогнозу.....	72
5 ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ І ПРОПОЗИЦІЇ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	75
5.1 Основні напрямки охорони навколишнього природного середовища від забруднення підприємствами харчової промисловості.....	75
5.2 Рекомендації щодо забезпечення якості та екологічної чистоти продуктів харчування.....	79
6 ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ ПОСИЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	81
6.1 Обчислення економічного збитку від забруднення атмосфери.....	81
6.2 Обчислення розмірів відшкодування збитків за використання водних ресурсів.....	84
6.3 Економічна оцінка природоохоронних заходів на підприємствах харчової	86

промисловості.....	
ВИСНОВКИ.....	91
.	
СПИСОК	92
ЛІТЕРАТУРИ.....	
Додаток А. Технічне завдання.....	94
Додаток Б. Характеристика харчової промисловості Вінниччини.....	96
Додаток В. Динаміка вмісту цинку в продуктах рослинного походження в залежності від його вмісту в грунті.....	97
Додаток Д. Кумулятивні властивості важких металів в організмі людини....	93
Додаток Е. Прогнозування вмісту свинцю в продуктах харчування рослинного походження.....	99
Додаток Є. Акт впровадження результатів магістерської кваліфікаційної роботи.....	10
	1

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота: 101 стор., 10 рис., 35 табл., 18 джерела.

В магістерській кваліфікаційній роботі охарактеризовано охарактеризовано екологічний вплив підприємств харчової промисловості на навколишнє середовище.

Запропоновано вдосконалення екологічного контролю харчових виробництв шляхом експериментального визначення вмісту важких металів у деяких групах продуктів харчування.

Проведено кореляційний аналіз та прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування рослинного походження та ґрунтах, на яких вони вирощувалися.

Мета роботи – наукове обґрунтування рівня екологічної безпеки харчової промисловості та прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування і встановлення їх придатності для споживання за цим показником.

Об'єкт дослідження – процес контролю і прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування рослинного походження.

Предмет дослідження – вміст важких металів в харчових продуктах на території м. Вінниці і області.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ПРОДУКТИ ХАРЧУВАННЯ, ВАЖКІ МЕТАЛИ, ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ, КУМЛЯТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ, КАНЦЕРОГЕННІ РЕЧОВИНИ.

ABSTRACT

Master's qualification paper: 101 pages, 10 figures, 35 tables, 18 sources.

The master's qualification work describes the environmental impact of food processing enterprises on the environment.

Improvement of ecological control of food production by experimental determination of the content of heavy metals in some food groups is suggested.

Correlation analysis and prediction of heavy metals content in food of plant origin and the soils on which they were grown were carried out.

The purpose of the work is to substantiate the level of ecological safety of the food industry and to predict the content of heavy metals in foodstuffs and to establish their suitability for consumption by this indicator.

The object of the study is the process of controlling and predicting the content of heavy metals in food of plant origin.

The subject of the study is the content of heavy metals in foodstuffs in the territory of Vinnitsa and the region.

KEY WORDS: FOOD INDUSTRY, FOOD PRODUCTS, HARD METALS, ENVIRONMENTAL CONTROL, QUUMITATIVE PROPERTIES OF HARD METALS, CHANGESOROGENIC SUBSTANCES.

ВСТУП

Актуальність. Харчові продукти віддзеркалюють стан навколишнього середовища. Останнім часом внаслідок інтенсивного розвитку промисловості, транспорту та хімізації сільського господарства забруднення навколишнього середовища досягло критичного рівня. Більшість території України забруднено іонами важких металів через надмірні викиди промислових підприємств та радіонуклідами після аварії на Чорнобильській АЕС. Ці елементи являють собою неабияку небезпеку для здоров'я людей, особливо дітей. Так, рівень забрудненості радіонуклідами харчових продуктів у порівнянні із 60-ми роками ХХ ст. зріс в 5-20 разів; за останні п'ять-десять років рівень забрудненості нітратами та продуктами їх розпаду збільшився майже в п'ять разів.

Забруднення навколишнього середовища, і як наслідок, харчових продуктів є основною причиною зниження тривалості життя в середньому до 66 років порівняно із 75 в США, Англії і 79 в Японії.

Відомо, до 70 % шкідливих речовин людина отримує через харчові продукти та воду, тому забезпечення споживачів доброякісними продуктами сприяє значному покращанню здоров'я населення, збереженню його генофонду.

Чималої шкоди завдає харчова промисловість навколишньому природному середовищу, скидаючи забруднені стічні води у чисті водоймища та викидаючи не відфільтровані газо- пило утворюючі речовини в атмосферу.

Отже, для забезпечення екологічної безпеки харчової промисловості необхідне вдосконалення екологічного контролю на всіх стадіях технологічного процесу. Контроль безпеки продовольчої сировини і продуктів харчування, визначення в них вмісту домішок-забруднювачів, зокрема важких металів є актуальним і необхідним.

Метою роботи є наукове обґрунтування рівня екологічної безпеки харчової промисловості та прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування і встановлення їх придатності для споживання за цим показником.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

1. Здійснити аналіз екологічних характеристик харчової промисловості Вінниччини.
2. Провести експериментальні дослідження джерел забруднення продуктів харчування.
3. Проаналізувати основні стадії екологічного контролю якості та безпечності харчових продуктів.
4. Розглянути основні методи визначення важких металів у продуктах харчування.
5. Провести експериментальні дослідження та прогнозування вмісту важких металів у продуктах харчування.
6. З метою підвищення рівня забезпечення екологічної безпеки харчових продуктів розробити природоохоронні заходи і рекомендації для підприємств харчової промисловості.
7. Розробити економічний механізм підвищення рівня екологічної безпеки харчової продукції та провести економічну оцінку природоохоронних заходів на підприємствах харчової промисловості.

Об'єкт дослідження – процес контролю і прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування рослинного походження.

Предмет дослідження – вміст важких металів в харчових продуктах на території м. Вінниці і області.

Наукова новизна.

1. Встановлена залежність концентрації важких металів в продуктах харчування рослинного походження від їх концентрацій в ґрунтах, на яких вони вирощуються.
2. Удосконалений метод прогнозування забруднення продуктів харчування вирощених на забруднених ґрунтах, що дозволило підвищити достовірність екологічного контролю продукції рослинного походження.

Практичне значення. Результати проведених досліджень доцільно використовувати в практиці виробничої діяльності підприємств харчової промисловості. Здійснення екологізації підприємств харчової промисловості може здійснюватися за такими основними напрямками:

1) розробка та застосування в промисловості маловідходних та безвідходних технологічних процесів, машин та обладнання, які забезпечують раціональне використання матеріальних та сировинних ресурсів, зниження норм використання сировини, утилізація відходів;

2) розробка, випуск та застосування серійного газоочисного та пиловловлюючого обладнання для захисту повітряного басейну від викиду шкідливих речовин;

3) широке застосування оборотного та повторного водопостачання; в перспективі створення безстічних технологічних процесів;

4) оснащення діючих промислових підприємств ефективними системами очистки стічних вод;

5) розробка засобів контролю та автоматизації споруд з очистки стічних вод та установок пилогазоочистки з цілю підвищення їх ефективності та зниження експлуатаційних витрат на очистку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота виконувалась відповідно науковому напрямку кафедри ЕЕБ, зокрема, госптематика №1610 «Розроблення Програми регіонального екологічного моніторингу Вінницької області на 2016-2020 роки» в якій здобувач брав безпосередню участь як виконавець, а також відповідно законів України: «Про охорону навколишнього природного середовища» №1268-ХІІ від 26.06.91 і «Про охорону здоров'я» №2802-ХІІ від 19.11.92.

Методи дослідження. Використано методи комплексного, системного науково-обгурнтованого аналізу, а також методи математичної статистики та кореляційного аналізу.

Галузь застосування – охорона навколишнього природного середовища України та підвищення рівня екологічної безпеки продуктів харчування і харчової промисловості в цілому.

Особистий внесок автора. Автором визначено основні завдання роботи, обрано та опановано методи їх вирішення, підбрано та опрацьовано літературні джерела, здійснено вимірювання, аналіз і теоретичне обґрунтування зібраного матеріалу, його узагальнення та формулювання висновків. Акт впровадження результатів магістерської кваліфікаційної роботи у навчальний процес представлений у додатку Є.

Публікації. Викладені у МКР положення доповідались на щорічних науково-технічних конференціях ВНТУ.

Подяки. Автор вдячний генеральному директору Державного підприємства "Вінницястандартметрологія" Астахову Андрію Сергійовичу та першому заступнику генерального директора Севастьянову Олександр Миколайовичу за допомогу і підтримку у проведенні експериментальних досліджень якості харчових продуктів в лабораторії фізико-хімічних випробувань харчової продукції.

1 ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Серед проблем охорони навколишнього середовища можна виділити три напрямлення, які охоплюють основні взаємозв'язки людини і природи.

Перша проблема – це раціональне та комплексне використання природних ресурсів, охорона їх від виснаження, відновлення ресурсів біосфери. Прикладом може слугувати забезпечення можливості безперервного розмноження тварин, отримання урожаю рослин, добування корисних копалин тощо, тобто встановлення безперервного циклу знищення і відновлення.

Друга проблема – це охорона навколишнього середовища як сфери існування людини, від забруднення викидами промислового виробництва. Прикладом може слугувати розробка та застосування маловідходних та безвідходних технологічних процесів, очистка вентиляційного повітря і технологічних газів перед потраплянням в атмосферу, очистка стічних вод тощо.

Третя проблема – це попередження забруднення харчової продукції шкідливими для людини речовинами. До них відносяться речовини, які потрапляють в процесі технологічної переробки або транспортування, а також потрапляючи через повітря, воду та ґрунти на продукти харчування або проникаючи в них. Сюди ж відносяться забруднення компонентами матеріалів якими упаковуються продукти харчування (металева тара, полімерна упаковка), а також забруднення мікроорганізмами. До речовин, які з'являються у продуктах харчування за вказаними причинами, відносяться важкі метали (свинець, ртуть, кадмій), канцерогені сполуки (полі циклічні ароматичні вуглеводи та нітрозаміни) та багато інших хімічних сполук. Ця проблема характерна для харчової промисловості народного господарства.

Таким чином, проблема охорони навколишнього середовища є різносторонньою багатоплановою, яка охоплює різні сторони життєдіяльності людини та направлена на раціональне використання природних ресурсів та

попередження забруднення промисловими викидами з цілю створення необхідних умов для життєдіяльності людини на Землі [1-6].

Охорона навколишнього природного середовища – це система міжнародних, державних, регіональних, адміністративно-господарських, політичних, санітарно-гігієнічних, технічних та громадських заходів, які направлені на раціональне використання, охорони та відродження природних ресурсів, на захист навколишнього середовища від забруднення та розрухи в інтересах задоволення матеріальних та культурних потреб людства.

1.1 Структура та обсяги промислового виробництва Вінниччини

Вінницька область має багатогалузевий промисловий комплекс. В області у 2017 році працювало 1343 промислових підприємства (9 великих та 157 середніх). Флагманами промисловості області є ПрАТ "Літинський молочний завод" (ТМ "Білозгар"), Компанія "Nemiroff", ТОВ "Барлінек Україна", ТОВ "Люстдорф" (ТМ "На здоров'є"), ВАТ "Вінницький олійножировий комбінат" (ТМ "Віоля"), ТОВ "Агрона Фрут Україна", ВАТ "Вінницька кондитерська фабрика" (ТМ "Roshen"). У промисловості індекс промислового виробництва за 2017 р. у порівнянні з попереднім роком становив 105,3 % (по Україні – 89,3%). За темпами виробництва область серед регіонів України посідає 4 місце.

У добувній промисловості і розробленні кар'єрів порівняно з 2016 р. обсяги промислового виробництва збільшились на 29,0%. У переробній промисловості приріст становив 8,9% (за рахунок збільшення обсягів у виробництві харчових продуктів та напоїв - на 21,5%, у виготовленні виробів з деревини, виробництві паперу та поліграфічній діяльності - на 10,2%) (рис.1.1).

За 2017 рік підприємствами області реалізовано промислової продукції (товарів, послуг) на 28,7 млрд.грн. Частка області у загальнодержавному обсязі складає 2,4%. Обсяг реалізованої промислової продукції на одну особу населення за 2017 рік становить 17,7 тис.грн. (табл.1.1).

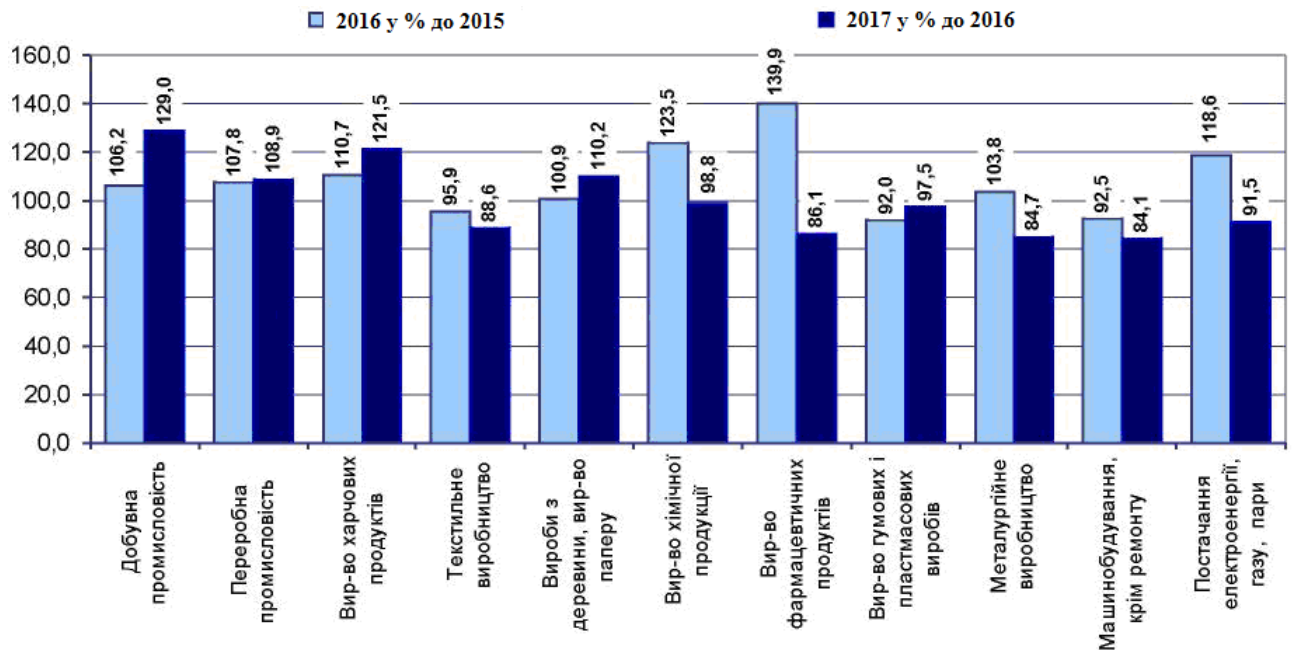


Рисунок 1.1 - Індекси промислової продукції за основними видами діяльності

Таблиця 1.1 - Обсяг реалізованої промислової продукції

	2016		2017	
	тис.грн.	у % до підсумку	тис.грн.	у % до підсумку
Промисловість в т.ч.:	25503416,0	100,0	30819775,9	100,0
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	364103,6	1,4	641802,2	2,1
Переробна промисловість	18146528,8	71,1	22951710,3	74,5
виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів	13371700,9	52,4	17329500,1	56,2
текстильне виробництво, виробництво одягу, шкіри, виробів зі шкіри та інших матеріалів	111316,8	0,4	146689,4	0,5
виготовлення виробів з деревини, паперу та поліграфічна діяльність	713670,1	2,8	1048451,3	3,4
виробництво хімічних речовин і хімічної продукції	1217200,4	4,8	1501445,2	4,9
виробництво основних фармацевтичних продуктів і фармацевтичних препаратів	237888,1	0,9	218278,3	0,7
виробництво гумових і пластмасових виробів, іншої неметалевої мінеральної продукції	661779,9	2,6	821768,3	2,7
металургійне виробництво, виробництво готових металевих виробів, крім виробництва машин та устаткування	826498,1	3,2	929280,2	3,0
Машинобудування	785169,0	3,1	750985,9	2,4

В структурі обсягів реалізованої промислової продукції найбільша частка (74,3%) припадає на переробну промисловість, з неї: 56,9% – на виробництво харчових продуктів, напоїв, 4,8% – на виробництво хімічних речовин і хімічної продукції, 3,4% – на виробництво виробів з деревини, виробництво паперу та поліграфічну діяльність, 2,3% – на машинобудування. Підприємствами з

виробництва та постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря реалізується 23,5% продукції.

1.2 Структура харчової промисловості

На молокопереробних підприємствах Вінниччини випускається більше третини (34,6%) загальнодержавного обсягу виробництва молока рідкого обробленого, 23,5% – масла вершкового. Вагому частку у виробництво на державному рівні вносять підприємства з виробництва кондитерських виробів (25,3%), маргарину (18,0%), м'яса великої рогатої худоби (15,9%), соків фруктові та овочеві (12,8%). Традиційно Вінницька область вважається однією із основних складових цукрової галузі України, у 2017 році в області вироблено понад 430 тис. тонн цукру. Це кожен третій кілограм, що вироблений в Україні.

Виробництво основних видів продукції харчової промисловості Вінниччини представлено в таблиці 1.1). Приріст у виробництві харчових продуктів та напоїв за 2017 рік в порівнянні з 2016 становив 10,8%.

На підприємствах з виробництва харчових продуктів, напоїв збільшено обсяг реалізації продукції проти 2016 року на 31,7%, обсяг реалізованої продукції складав 17329,5 млн.грн. (56,2% від загального обсягу реалізованої промислової продукції).

1.3 Вплив на довкілля підприємств харчової промисловості Вінниччини

Виробництво харчових продуктів супроводжується утворенням рідких, газоподібних та твердих відходів, що забруднюють гідросферу, атмосферу та ґрунти. Враховуючи значну частку у промисловому виробництві області саме підприємств харчової галузі, вплив харчової промисловості на довкілля Вінницької області є досить помітним. Найбільший негативний вплив на

довкілля мають м'ясна, цукрова, спиртова та молочна галузі харчової промисловості.

Так, у 2017 році підприємствами харчової промисловості викинуто у атмосферне повітря 4,25 тис.тонн забруднюючих речовин (3,4% від викидів стаціонарних джерел та 64,5% від загальних викидів промисловості), у порівнянні з 2011 роком викиди зросли на 9%.

Харчовою галуззю у 2017 році забрано води з природних джерел 7,033 млн.м³ (5,6% від загального водозабору у 2017 році та 80% забору води промисловими підприємствами), скинуто зворотних вод 1,301 млн.м³ (1,9% від загального скиду). У 2017 році промисловими підприємствами допущено скидання 0,053 млн.м³ недостатньо очищених стічних вод (2,2% від загального скиду промислових підприємств та 4,4% від загального скиду недостатнього очищених вод по області). Підприємства, які скинули забруднені зворотні води в поверхневі водойми Вінницької області у 2017 році: ПАТ "Могилів-Подільський консервний завод" (м.Могилів-Подільський); ТОВ "Барський птахокомбінат" (м.Бар) з перевищенням по вмісту органічних речовин, фосфатів. Основною проблемою харчових виробництв є проблема води. Усі підприємства потребують велику кількість води, що використовується безпосередньо в технології основного продукту (молокопереробна, спиртова, цукрова), для миття обладнання та інших цілей. Надходження забруднених стічних вод з високим вмістом органічних речовин у природні водоймища призводить до погіршення умов життєдіяльності гідробіонтів, оскільки на розклад таких сполук витрачається значна кількість розчиненого кисню, що за несприятливих погодних умов може призвести до загибелі водних організмів, що дихають киснем (замор риби, тощо). Шкідливий вплив також має практика збирання стічних вод на полях фільтрації (цукрові, спиртові та молокопереробні заводи), це призводить до утворення токсичних речовин з неприємним запахом, що забруднюють атмосферне повітря на значній території. Крім того під ці споруди необхідно відводити значні площі

земельних угідь сільськогосподарського призначення. І бувають аварійні випадки, які приводять до забруднення довкілля.

Вінниччина є сільськогосподарським регіоном, великих промислових об'єктів із значним впливом на довкілля (металургійної, хімічної промисловості), проте вплив промисловості на довкілля області є доволі значним. Основними факторами впливу промисловості на довкілля є викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря та скиди у водні об'єкти, забруднення ґрунтів та, як наслідок, водних об'єктів, за рахунок розміщення відходів I-IV класів небезпеки. Також, до негативного впливу на довкілля треба включити забруднення фізичними факторами: теплове, шумове, електромагнітним випромінюванням. Окрім згаданого, промислові підприємства займають певну територію, яка відноситься до антропогенних ландшафтів. У 2017 році викиди промислові підприємства використали 2566,4 тис.т умовного палива: 27,2 тис.т кам'яного вугілля, 307,7 тис.м³ природного газу, 23,7 тис.т бензину моторного та 159,9 тис.т дизельного палива.

Викиди від промислових підприємств становили 6,9 тис.т забруднюючих речовин або 5,3% викидів від стаціонарних джерел (у 2016 році - 5,9 тис.тонн або 3,9%) (додаток Б, табл..Б.2). Згідно даних ЗТП-водгосп Вінницької області у 2017 р. забір води на потреби промисловості складав 8,82 млн.м³ або 7,1% від усієї забраної води (у 2016 р. – 9,43 млн.м³ або 7,2%).

У 2017 році на потреби промисловості використано 9,46 млн.м³ води або 8,6% від загального обсягу використаної води (у 2016 році – 9,7 млн.м³ або 8,5% від загального обсягу використаної води) (рис.1.2).

Промисловими підприємствами у 2017 році скинуто у поверхневі водні об'єкти 2,4 млн.м³ стічних вод або 3,5% від загального обсягу водовідведення (у 2016 році - 3,4 млн.м³ стічних вод 4,6%) (додаток Б, табл.Б.3).

У 2017 році промисловими підприємствами допущено скидання 0,053 млн.м³ недостатньо очищених стічних вод (2,2% від загального скиду промислових підприємств та 4,4% від загального скиду недостатньо очищених вод по області).

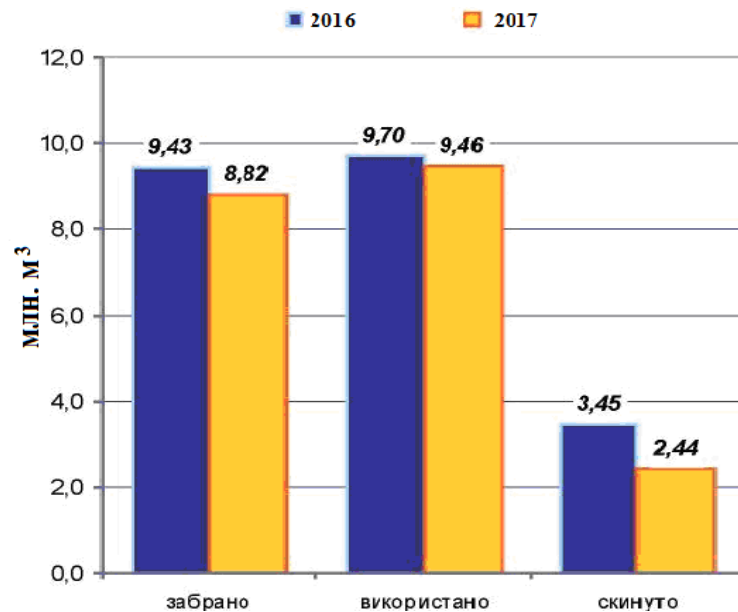


Рисунок 1.2 - Показники водокористування підприємств

Підприємства, які скинули забруднені зворотні води в поверхневі водойми Вінницької області у 2017 році: ПАТ "Могилів-Подільський консервний завод" (м.Могилів-Подільський); ТОВ "Барський птахокомбінат" (м.Бар) з перевищенням по вмісту органічних речовин, фосфатів. Хоча стічні води промислових об'єктів більш агресивні та містять більш небезпечні сполуки, ніж стічні води побутового походження, їх обсяг не є великим у загальному об'ємі скиду, тому найбільший вплив мають стоки комунальних підприємств. Також, фактором негативного впливу на довкілля можуть бути відходи промислових процесів, в тому числі небезпечні. Так, протягом 2017 року утворилось 351,6 т відходів I-III класу безпеки, а накопичено станом на 01.01.2017 року – 210,7 т (табл.1.2).

Таблиця 1.2 - Обсяги утворення відходів

	Обсяги утворення відходів	
	тис.т	у % до підсумку
Усього	2423,8	100
Економічна діяльність підприємств та організацій в т.ч.:	2292,8	94,6
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	0,1	0
Переробна промисловість	1073,3	44,3

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

За даними органів Держсанепідслужби по області на санітарно-хімічні показники відібрано 190 проб ґрунту на території, в санітарно-захисних зонах, в зонах впливу підприємств, а також місцях складування промислових відходів, з них 29 проб (15%) не відповідають нормативам. Зокрема, 51 пробу проаналізовано на вміст важких металів, з них у 31 пробі (61%) зафіксовано перевищення (табл.2.1).

2.1 Джерела забруднення навколишнього середовища на підприємствах м'ясної та молочної промисловостей

Сучасне виготовлення м'ясної та молочної промисловості має різноманітні джерела забруднення повітряного басейну: викиди систем загальної та місцевої вентиляції, викиди газів від технологічного обладнання, викиди автотранспортом, речовини, які мають неприємний запах, організовані та неорганізовані викиди. Викиди в атмосферу поділяються на нагріті та холодні, точкові та лінійні, високі та низькі, стаціонарні постійної та періодичної дії.

Об'єм викиду та його склад залежать від джерела виникнення (цех, відділення, експлуатуюче обладнання) і транспортування викиду (організований та неорганізований викид, тип вентиляції) [5-10].

Основним джерелом забруднення повітряного басейну в м'ясній промисловості є цехи технічних і кормових фабрикатів, термічні відділення ковбасних заводів, відділення переробки харчових жирів та отримання альбуміну, допоміжні цехи, водостічні споруди та інші. У вентиляційних викидах містяться сірководень, аміак, феноли, діоксиди сірки, оксиди вуглецю, сажа, пил та інші. Кількість вентиляційного повітря, що викидається і концентрація шкідливих речовин змінюються в широких інтервалах в залежності від потужності та технологічних особливостей основної

промисловості [7-13].

Крім газо- і пароутворюючих шкідливих речовин в різноманітних технологічних процесах підприємств, що займаються переробкою м'яса утворюється значна кількість пилу, який викидається витяжними вентиляційними системами в атмосферу.

Таблиця 2.1 - Забруднення ґрунтів промисловими підприємствами (за даними Головного управління Держсангепідслужби у Вінницькій області)

Місця відбору проб ґрунту	Досліджено проб										
	На хімічні показники						на бактерологічні показники		на гельмінти		
	усього	Не відповідають нормам	у тому числі на:				усього	Нормам не відповідають	усього	Нормам не відповідають	
			пестициди		солі важких металів						
			усього	Нормам не відповідають	усього	Нормам не відповідають					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
ґрунт на території промислових підприємств	17		11		6	6					
ґрунт на території санітарно-захисних зон промпідприємств	11	3			7	3	5		1		
ґрунт в зоні впливу промислових підприємств	15		1		2		16	5	4		
ґрунт в місцях зберігання токсичних відходів поза територією підприємств у місцях їх утримання чи захоронення (полігони, звалища, кар'єри)	147	26	19		36	22	100	25	8	3	

Забруднення атмосфери підприємствами м'ясної промисловості відбувається в основному від трьох видів стаціонарних джерел: організовані викиди від технологічного обладнання; викиди вентиляційного повітря системами витяжної вентиляції; неорганізовані викиди від відкритих площадок та споруд (відкриті ємності, відкриті споруди очистки стічних вод, зони проведення загрузки та розгрузки тощо).

Організовані викиди від технологічного обладнання складають приблизно 10 – 30% загальних викидів підприємств: сокові пари вакуум-випарних котлів ЦТВ, димові коптильні гази термічних відділів, димові гази котелень, викиди повітря із сушильних апаратів. Не дивлячись на відносно малу кількість цих викидів, концентрації шкідливих речовин тут найбільш високі [7,13-15].

Викиди витяжних систем вентиляцій в загальному містять невисокі концентрації речовин, що викидаються, проте це найбільші з викиди за об'ємом (досягає від 70 до 90% загальних викидів підприємства) з вмістом великої кількості газо- і паро утворюючих речовин та пилу.

Об'єм викиду в атмосферу залежить від технологічних особливостей виробництва, типу встановленого обладнання, надійності вентиляційних систем, метеорологічних умов та інших факторів. Об'єм та склад викидів котелень підприємства залежить від типу паросилових котлів, їх кількості та типу спалюючого палива. В димових газах котелень склад та концентрація викидаючи речовин залежать від типу палива.

Підприємства м'ясної та молочної промисловості використовують чисту воду, яка в процесі її використання забруднюється різноманітними домішками, в тому числі і органічними. Органічні речовини є поживною речовиною для різноманітних бактерій, які викликають інфекційні захворювання. Тому для підтримки гарного санітарного стану приміщень та територій підприємства необхідно негайно викидати відходи та стічні води за межі території підприємства, а також населеного пункту [16-18].

Стічними називаються води, які використані на побутові потреби отримавши при цьому додаткові домішки (забруднення), змінивши свій початковий хімічний склад, а також води, які стікають з території підприємства в результаті випадання атмосферних опадів.

В залежності від походження, виду та якісної характеристики стічні води підприємств м'ясної та молочної промисловості можна поділити на побутові (промислові), господарсько-фекальні та ливневі (атмосферні).

Побутові стічні води м'ясокомбінатів, м'ясоптицекомбінатів та м'ясопереробних заводів характеризуються великим вмістом зважених речовин, з яких до 90% органічні, великою концентрацією розчинених речовин, головним чином повареної солі, значним вмістом азоту та жирів, високою температурою (до 25 – 28°C) та слаболуговою реакцією.

Стічні води м'ясних підприємств можна поділити на побутові зажирені (цех первинної переробки скота, субпродуктові та варочні відділення, ковбасні та консервні цехи, цех технічних фабрикатів і т.д.), побутові не зажирені (інші цехи), умовно-чисті (холодильно-компресорні установки, котельня, конденсатори і т.п.), побутові (душові, їдальні, прасувальні). Кількість стічних вод кожного виду залежить від технологічних процесів і змінюється в значних мірах [6-11].

Стічні води підприємств м'ясної та молочної промисловості мають високий рівень бактеріальної особливості. Особливу загрозу представляють патогенні мікроорганізми, які містяться у них – кишкова паличка, яйця глистів, сибірська язва та інші. Тому перед викидом до водоймища або на земляні площадки стічні води підприємств м'ясної промисловості необхідно піддавати механічній та біологічній очистці та обеззараженню. У випадку приєднання системи каналізації підприємства до міського колектору, стічні води перед скидом необхідно очищувати від жиру та тваринних відходів. Для цього призначені місцеві очисні споруди.

Стічні води підприємств молочної промисловості поділяють на забруднені стічні води, умовно чисті і побутові стічні води. Забруднені стічні води утворюються в результаті промислових операцій, які пов'язані з миттям технологічного посуду, тари, підлоги, від промислової пральні. Ці стічні води забруднені продуктами розпаду молочної продукції (білок, молочний цукор, азот та інше), миючими засобами (соляна та сірчана кислота) та сторонніми предметами (скло, фольга). Реакція свіжої стічної води – частіше всього нейтральна або слабо лужна, але легко може переходити в кислу в результаті бродіння молочного цукру. Колір стічних вод мутний, білуватий або

жовтуватий. Стічні води підприємств молочної промисловості у випадку викиду їх у водоймища без попередньої очистки негативно впливають на воду останнього. В результаті біохімічного окислення органічних сполук, які містяться в стічних водах із водоймища поглинаються велика кількість кисню, в результаті чого фауна та флора водоймищ можуть загинути [6].

Умовно-чисті стічні води утворюються в результаті експлуатації охолоджувально-пастеризаційних установок, аміачних та повітряних конденсатів, компресорів тощо. Цю категорію стічних вод необхідно направляти після відповідної обробки (охолодження, очистки та інше) в системи оборотного або повторного водопостачання підприємства.

Вода будь якого водоймища містить кисень, який може мінералізувати деяку кількість внесених у воду органічних речовин. Можливість водоймища окислювати органічні сполуки називається самоочищенням.

Для визначення ступеня очистки стічної рідини перед спуском її у водоймище необхідно знати наступне:

- а) витрати води у річці та рідини, що скидається;
- б) використання розчиненого кисню суміщу рідини, що скидається та води водоймища;
- в) допустиму величину БПК_{повн.} суміші води водоймища та стічних вод;
- г) кислотність води у водоймищі після змішування;
- д) допустиму величину зважених і токсичних речовин та інше.

Умови скиду стічних вод у водоймища суворо регламентовані існуючими нормами і правилами, у відповідності з якими кількість розчиненого кисню у воді водоймища після змішування її з стічними водами повинно бути не нижче 4 мг/л. БПК₂₀ для водоймищ першого типу становить не більше 3 мг/л та другого – не більше 6 мг/л [6].

Показник гідрогену води після змішування її з стічними водами повинен бути в межах рН 6,5 – 8,5.

Однак можливості водоймищ прийняти маси стічних вод, навіть у тому випадку, коли кисневий баланс дозволяє виконати такий викид без кінцевої їх

очистки, обмежений. В наш час у більшості великих рік міститься така кількість стічних вод, яка обмежує самоочисну здатність цих рік [8].

Умови спуску стічних вод у водоймища регламентовані правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами і правилами санітарної охорони прибережних районів морів, якими скид стічних вод в закриті водоймища (озера) без попередньої очистки заборонено.

2.2 Аналіз викидів шкідливих речовин підприємствами харчової промисловості на прикладі ЗАТ «Турбів –цукор»

Основними технологічними процесами, що призводять до забруднення атмосфери при виробництві цукру на Турбівському цукровому заводі є:

- сатурація соку;
- сульфитація соку, сиропу та води;
- згущення сиропу та кристалізація цукру;
- випалювання вапняку;
- гасіння вапняку;
- зберігання та транспортування вапняку та вугілля;
- енергозабезпечення.

Технологічні процеси супроводжуються викидами в атмосферу забруднюючих речовин. На підприємстві зафіксовано 34 джерела викидів забруднюючих речовин.

Сатурація (обробка соку вуглекислим газом з метою очищення його від не цукристих речовин шляхом абсорбції їх на поверхні кристалів CaCO_3 , що утворюються) проходить в дві стадії. В процесі сатурації із сатуратів в атмосферу виділяються залишки оксиду карбону (IV).

Сульфитація (обробка цукрових розчинів соку, сиропу та води оксидом сульфуру (IV)) проходить в рідинно-струменевих сульфитаторах. Після обробки соку, сиропу та води в сульфитаторах в атмосферу надходить SO_2 .

При згущенні соку та кристалізації цукру здійснюється видалення амоніаку із випарних установок та вакуумних апаратів.

Для сушіння цукру використовується сушильна установка з киплячим шаром. Аспіраційне повітря від сушильної установки перед викидом в атмосферу очищується від пилу цукру в мокрому пиловловлювачі, залишки пилу цукру на виході повністю вловлюється гідроуловлювачем.

В процесі випалювання вапняку та при гасінні вапна в вапняно-гасильному апараті в атмосферу надходить пил оксиду кальцію (при вигразці з печі випалювання передбачено гідроподавлення пилу) та гідроксиду кальцію.

Запас вапняку та вугілля зберігається на відкритих майданчиках. При навантажувально-розвантажувальних роботах та при зберіганні матеріалу виділяється пил вапняку та вугілля.

Поля фільтрації, на які відводяться стічні води III категорії, розташовані за межею майданчика заводу.

Ремонт та обслуговування технологічних підрозділів здійснюється ремонтними службами підприємства.

В механічній майстерні основними джерелами забруднення є:

- ковальський горн, з якого виділяються нітроген (IV) оксид, карбон (II) оксид, сульфур (IV) оксид, зола;

- зварювальні роботи, що виконуються на пересувних постах електрозварювання та газорізання, при цьому в атмосферу надходить зварочний аерозоль (оксид феруму (III), манган та його сполуки, нітроген (IV) оксид, карбон (II) оксид).

Робота деревообробного обладнання на столярній ділянці супроводжується викидами в атмосферу пилу деревини.

На транспортному господарстві здійснюється ряд робіт, які супроводжуються викидами в атмосферу забруднюючих речовин.

При зарядці акумуляторів в атмосферу виділяються пари сульфатної кислоти.

При зварювальних роботах на постах електрозварювання та газорізання в атмосферу надходить зварочний аерозоль (оксид феруму (III), манган та його сполуки, нітроген (IV) оксид, карбон (II) оксид).

При фарбуванні автотранспорту перед технаглядом в атмосферу виділяється ксилол та уайт-спірит.

На підприємстві передбачена стоянка для автотранспорту. Під час руху автотранспорту по території заводу, роботі на кагатному полі в атмосферу поступають нітроген (IV) оксид, карбон (II) оксид і насичені вуглеводні.

Енергозабезпечення підприємства здійснюється від власної теплоенергоцентралі (ТЕЦ).

В котельні встановлено 5 котлів: ДКВР – 16/23 – 4 шт. та ДКВР – 20/23 – 1 шт., із них чотири робочих і один резервний. Вони укомплектовані індивідуальними центробіжними вентиляторами та центробіжними димососами ДН – 13,5 та ДН – 12. Кожний котел обладнаний контрольно-вимірювальним приладом та апаратурою захисту і сигналізації, автоматикою постачання котлів водою та процесом горіння. Котли розміщені в один ряд. Передбачається одночасна робота чотирьох котлів. Котельня працює на природному газу, внаслідок чого в атмосферу виділяються нітроген (IV) оксид та оксиди карбону. Продукти згоряння від котлів відводяться через димову трубу висотою 60 м, діаметром 2,2 м. Еколого-теплотехнічні характеристики парових котлів ДКВР – 16/23 та ДКВР – 20/23 наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Еколого-теплотехнічні характеристики парових котлів ДКВР – 16/23 та ДКВР – 20/23

Параметри	Парові котли				
	ДКВР 20/23 ст. №1	ДКВР 16/23 ст. №2	ДКВР 16/23 ст. №3	ДКВР 16/23 ст. №4	ДКВР 16/23 ст. №5
Тривалість роботи, год	176,6	648	620	432	528
Номінальне навантаження, т/год	20	16	16	16	16
Середня теплопродуктивність, Гкал/год	13,665	6,606	9,912	10,1	9,208
Витрата палива, м ³ /год	778,625	903,542	1110,417	1120,333	1146,458
Температура вихідних газів, °С	126 ± 5	117 ± 5	125 ± 5	137 ± 2	123,9 ± 2

Резервне паливо – мазут. При роботі котельні на мазуті в атмосферу виділяється сажа. Резервне паливо на підприємство поступає залізничним транспортом, зберігається в резервуарах та перекачується за допомогою насосів. Процеси супроводжуються виділенням в атмосферу насичених вуглеводнів.

2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря ЗАТ «Турбів–цукор»

Розрахунок викидів забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу проводиться згідно типової інструкції по організації системи контролю промислових викидів в атмосферу в галузях промисловості [12].

Розрахунок викиду оксиду карбону (IV) від I і II сатуратора (джерело викиду № 1 і № 2) проводиться згідно формули:

$$M_{CO_2} = V_{cz} \cdot I \cdot K \cdot g_{CO_2}, \quad (2.1)$$

де M_{CO_2} – максимальний секундний викид оксиду карбону (IV), т/рік, г/с;
 V_{cz} – об'єм сатураційного газу, який використовується при виробництві цукру, м³/рік;

I – масова частка оксиду карбону (IV) в сатураційному газі, %;

K – питомий викид оксиду карбону (IV) в атмосферу з врахуванням поглинання його в сатураторах – 30 %;

g_{CO_2} – питома густина оксиду карбону (IV), кг/м³.

Річний об'єм сатураційного газу, який використовується при виробництві цукру розраховується за формулою:

$$V_{cz} = q \cdot G, \quad (2.2)$$

де V_{ce} – об'єм сатураційного газу, який використовується при виробництві цукру, $m^3/рік$;

q – питомий вихід сатураційного газу з 1 кг вапняку, $m^3/кг$;

G – річна витрата вапняку, $кг/рік$.

Дані для розрахунків: $q = 0,86 m^3/кг$, $G = 21000 кг/рік$. Отже, річний об'єм сатураційного газу становить:

$$V_{ce} = 0,86 \cdot 21000 = 18,06 (m^3/рік).$$

На першу сатурацію йде 65 % газу, а на другу – 35 %. Тоді об'єм сатураційного газу для першого і другого сатуратора становить:

$$V_{ce_1} = 0,65 \cdot 18,06 \cdot 10^6 = 11,74 \cdot 10^6 (m^3/рік),$$

$$V_{ce_2} = 0,35 \cdot 18,06 \cdot 10^6 = 6,32 \cdot 10^6 (m^3/рік).$$

Отже, викид оксиду карбону (IV) від першого сатуратора становить:

$$M_{CO_2} = 11,74 \cdot 10^6 \cdot 0,01 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot 10^3 = 102,72 (т/рік),$$

$$M_{CO_2} = 102,72 \cdot 10^6 / (120 \cdot 24 \cdot 3600) = 9,907 (г/с).$$

Викид оксиду карбону (IV) від другого сатуратора становить:

$$M_{CO_2} = 6,32 \cdot 10^6 \cdot 0,01 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot 10^3 = 55,3 (т/рік),$$

$$M_{CO_2} = 55,3 \cdot 10^6 / (120 \cdot 24 \cdot 3600) = 5,33 (г/с).$$

Викид оксиду сульфуру (IV) від сульфідатора соку (джерело № 3), сульфідатора сиропу (джерело № 4) та сульфідатора води (джерело № 5), а також амоніаку, при згущенні сиропу та кристалізації цукру, розраховується за формулою:

$$M = Q_3 \cdot \frac{K}{1000}, \quad (2.3)$$

де M – максимальний секундний викид забруднюючої речовини, т/рік, г/с;

Q_3 – потужність заводу, т/рік;

K – питома кількість забруднюючої речовини, яка викидається з джерела викиду, кг/т.

Питома кількість оксиду сульфуру (IV), яка викидається із сульфітатора соку рідинно-струйного типу складає 0,0035 кг/т буряку. Із сульфітатора сиропу – 0,0119 кг/т буряку; із сульфітатора води – 0,0026 кг/т. Загальна питома кількість амоніаку, яка викидається в атмосферу при згущуванні соку та кристалізації соку становить 0,017 кг/т буряку. Потужність заводу складає 300 тис. тон буряку в рік.

Отже, викид оксиду сульфуру (IV) від джерел № 3 – 5 та аміаку від джерела № 6 становлять:

$$M_{SO_2} = 300000 \cdot 0,0035 / 1000 = 1,05 \text{ (т/рік);}$$

$$M_{SO_2} = 1,05 \cdot 10^6 / (120 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,1 \text{ (г/с).}$$

$$M_{SO_2} = 300000 \cdot 0,0119 / 1000 = 3,57 \text{ (т/рік);}$$

$$M_{SO_2} = 3,57 \cdot 10^6 / (120 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,1 \text{ (г/с).}$$

$$M_{SO_2} = 300000 \cdot 0,0026 / 1000 = 0,78 \text{ (т/рік);}$$

$$M_{SO_2} = 0,78 \cdot 10^6 / (120 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,075 \text{ (г/с).}$$

$$M_{NH_3} = 300000 \cdot 0,017 / 1000 = 5,1 \text{ (т/рік);}$$

$$M_{NH_3} = 5,1 \cdot 10^6 / (120 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,49 \text{ (г/с).}$$

Викид пилу оксиду кальцію та гідроксиду кальцію розраховується за формулою:

$$M = Q \cdot 0,56 \cdot K \cdot 0,000001, \quad (2.4)$$

де M – максимальний секундний викид забруднюючої речовини, т/рік, г/с;

Q – кількість вапняку, необхідна для виробництва, т/рік;

$0,56$ – вихід вапна від маси вапняку;

K – кількість оксиду кальцію, який утворюється у вапняногасильному апараті з врахуванням пилеподавлення; кількість гідроксиду кальцію, що видаляється при гашенні вапна, г/т.

Дані для розрахунку: $Q = 21000$ т/рік; $K_{CaO} = 350$ г/т, $K_{Ca(OH)_2} = 120$ г/т.

Отже, викид пилу оксиду кальцію та гідроксиду кальцію становить:

$$M_{CaO} = 21000 \cdot 0,56 \cdot 350 \cdot 0,000001 = 4,12 \text{ (т/рік);}$$

$$M_{CaO} = 4,12 \cdot 10^6 / (120 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,397 \text{ (г/с).}$$

$$M_{Ca(OH)_2} = 21000 \cdot 0,56 \cdot 120 \cdot 0,000001 = 1,411 \text{ (т/рік);}$$

$$M_{Ca(OH)_2} = 1,411 \cdot 10^6 / (120 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,136 \text{ (г/с).}$$

Викиди пилу вапняку при його зберіганні та переміщені розраховуються за формулою:

$$M_{CaCO_3} = A + C, \quad (2.5)$$

$$A = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot G \cdot B \cdot 10^6 / 3600,$$

$$C = K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot F \cdot q,$$

де M_{CaCO_3} – викид пилу вапняку, г/с;

A – викиди при переміщенні матеріалу;

C – викиди при статичному зберіганні матеріалу;

K_1 – масова частка пилової фракції матеріалу;

K_2 – частка пилу, яка переходить в аерозоль;

K_3 – коефіцієнт, який враховує місцеві метеорологічні умови;

K_4 – коефіцієнт, який враховує місцеві умови, ступінь захисту від зовнішніх дій;

K_5 – коефіцієнт, який враховує вологість матеріалу;

K_6 – коефіцієнт, який враховує профіль поверхні матеріалу, що зберігається;

K_7 – коефіцієнт, який враховує величину матеріалу;

G – загальна кількість матеріалу, яка переміщується;

B – коефіцієнт, який враховує висоту переміщення матеріалу;

F – площа поверхні на плані;

q – винесення пилу з одного м² фактичної поверхні.

Розрахункові коефіцієнти: $K_1 = 0,04$; $K_2 = 0,02$; $K_3 = 1,2$; $K_4 = 1$; $K_5 = 0,01$;

$K_6 = 1,3$; $K_7 = 0,4$; $G = 60$ м³/год; $B = 0,4$; $F = 600$ м²; $q = 0,003$.

Отже, викид пилу вапняку становить:

$$A = 0,04 \cdot 0,02 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 0,4 \cdot 60 \cdot 0,4 \cdot 10^6 / 3600 = 0,0256 \text{ (г/с)},$$

$$C = 1,2 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 1,3 \cdot 0,4 \cdot 600 \cdot 0,003 = 0,011 \text{ (г/с)},$$

$$M_{CaCO_3} = 0,0256 + 0,011 = 0,0366 \text{ (г/с)},$$

$$M_{CaCO_3} = (0,0256 \cdot 3600 \cdot 670 + 0,011 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365) / 10^6 = 0,41 \text{ (т/рік)}.$$

Викид золи, оксиду нітрогену (IV), оксиду сульфуру (IV) та оксиду карбону (II) від механічної майстерні при спалюванні твердого палива в ковальському горні розраховується за формулою:

$$M = B \cdot K / 1000, \quad (2.6)$$

де M – викид забруднюючої речовини, т/рік, г/с;

B – витрата вугілля, т/рік;

K – питома кількість забруднюючих речовин, які викидаються при спалюванні палива, кг/т.

Витрата вугілля становить 2 т/рік, а максимальна витрата за годину 2 кг/год або 0,55 г/с. Питома кількість забруднюючих речовин, які викидаються при спалюванні твердого палива становить:

- золи – 88,9 кг/т;
- оксиду нітрогену (IV) – 9,1 кг/т;
- оксиду сульфур (IV) – 6,8 кг/т;
- оксиду карбон (II) – 0,23 кг/т.

Отже, викид забруднюючих речовин, які викидаються при спалюванні твердого палива в ковальському горні становить:

$$M_{\text{золи}} = 2 \cdot 88,9 / 1000 = 0,718 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{\text{золи}} = 0,55 \cdot 88,9 / 1000 = 0,049 \text{ (г/с)}.$$

$$M_{\text{NO}_2} = 2 \cdot 9,1 / 1000 = 0,018 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{\text{NO}_2} = 0,55 \cdot 9,1 / 1000 = 0,005 \text{ (г/с)}.$$

$$M_{\text{SO}_2} = 2 \cdot 6,8 / 1000 = 0,014 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{\text{SO}_2} = 0,55 \cdot 6,8 / 1000 = 0,004 \text{ (г/с)}.$$

$$M_{\text{CO}} = 2 \cdot 0,23 / 1000 = 0,0005 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{\text{CO}} = 0,55 \cdot 0,23 / 1000 = 0,0001 \text{ (г/с)}.$$

Викид оксиду нітрогену (IV), який виділяється при згоранні газу в ТЕЦ, розраховується за формулою:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q \cdot K \cdot (1 - q), \quad (2.7)$$

де M_{NO_2} – викид оксиду нітрогену (IV), т/рік;

B – витрата палива, т/рік, г/с;

Q – теплота спалювання газу, МДж/кг;

K – параметр, який характеризує кількість оксиду нітрогену (IV) на 1 ГДж тепла, кг/ГДж;

q – коефіцієнт, який залежить від ступеню зниження викидів оксиду нітрогену (IV) внаслідок використання технічних рішень.

Дані для розрахунку: $V = 15000 \text{ м}^3/\text{рік}$ або $1447 \text{ дм}^3/\text{с}$., $Q = 36,7 \text{ МДж/кг}$, $K = 0,085 \text{ кг/ГДж}$; $q = 0$.

Викид оксиду нітрогену (IV) становить:

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 15000 \cdot 36,7 \cdot 0,085 \cdot (1 - 0) = 46,79 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 1447 \cdot 36,7 \cdot 0,085 \cdot (1 - 0) = 4,51 \text{ (г/с)}.$$

Викид оксиду карбону (II), який виділяється при згоранні газу в ТЕЦ розраховується за формулою:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot C \cdot V \cdot (1 - q_4 / 100), \quad (2.8)$$

де M_{CO} – викид оксиду карбону (II), т/рік;

C – вихід оксиду карбону (II) при спалюванні палива, кг/т;

V – витрата палива, т/рік, г/с;

q_4 – втрати теплоти за рахунок механічної неповноти спалювання.

Дані для розрахунку: $C = 9,175 \text{ кг/т}$, $V = 15000 \text{ м}^3/\text{рік}$ або $1447 \text{ дм}^3/\text{с}$., $q_4 = 0,5$. Отже, викид оксиду карбону (II) становить:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot 9,175 \cdot 15000 \cdot (1 - 0,5 / 100) = 136,94 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{CO} = 0,001 \cdot 9,175 \cdot 1447 \cdot (1 - 0,5 / 100) = 13,21 \text{ (г/с)}.$$

Розрахунок викидів твердих частинок сажі та недогорівшого палива в атмосферу при роботі ТЕЦ на мазуті розраховується за формулою:

$$M_{сажі} = B \cdot A \cdot L \cdot (1 - n), \quad (2.9)$$

де $M_{сажі}$ – викид сажі, т/рік;

B – витрата палива, т/рік, г/сек;

A – зольність палива, %;

n – частка твердих частинок, які затримуються в золоуловлювачах;

L – коефіцієнт, який приймається в залежності від топки та виду палива.

Дані для розрахунку: $B = 500$ т/рік або 1157 г/с, $A = 0,14$ %, $L = 0,01$, $n =$

0. Викид сажі становить:

$$M_{сажі} = 500 \cdot 0,1 \cdot 0,01 \cdot (1 - 0) = 0,5 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{сажі} = 1157 \cdot 0,1 \cdot 0,01 \cdot (1 - 0) = 1,157 \text{ (г/с)}.$$

Викид оксиду сульфуру (IV), який виділяється при згоранні мазуту в ТЕЦ розраховується за формулою:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S \cdot (1 - n') \cdot (1 - n''), \quad (2.10)$$

де M_{SO_2} – викид оксиду сульфуру (II), т/рік;

B – витрата палива, т/рік, г/сек;

S – вміст сірки в паливі, %;

n' – частка SO_2 , зв'язаною золою палива, % ;

n'' – частка SO_2 , що затримується в золоуловлювачі, %.

Дані для розрахунку: $B = 500$ т/рік або 1157 г/с, $S = 3,5$ %, $n' = 0,02$, $n'' = 0$.

Викид оксиду сульфуру (IV) становить:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 500 \cdot 3,5 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0) = 34,3 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 1157 \cdot 3,5 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0) = 79,37 \text{ (г/с)}.$$

За формулою 2.8 розраховується викид оксиду карбону (II) при спалюванні мазуту. Дані для розрахунку: $C = 12,92$ кг/т, $B = 500$ т/рік або 1157 г/с, $q_4 = 0,5$.

Отже, викид оксиду карбону (II) становить:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot 12,92 \cdot 500 \cdot (1 - 0,5 / 100) = 14,87 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{CO} = 0,001 \cdot 12,92 \cdot 1157 \cdot (1 - 0,5 / 100) = 6,428 \text{ (г/с)}.$$

Викид оксиду нітрогену (IV), який виділяється при спалюванні мазуту в ТЕЦ розраховується за формулою 2.7. Дані для розрахунку $V = 500 \text{ м}^3/\text{рік}$ або $1157 \text{ дм}^3/\text{с}$, $Q = 39,79 \text{ МДж/кг}$, $K = 0,085 \text{ кг/ГДж}$; $q = 0$.

Отже, викид оксиду нітрогену (IV) становить:

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 500 \cdot 39,75 \cdot 0,085 \cdot (1 - 0) = 1,69 \text{ (т/рік)},$$

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 1447 \cdot 36,7 \cdot 0,085 \cdot (1 - 0) = 3,909 \text{ (г/с)}.$$

В таблиці 2.3 наведені фактичні викиди сажі, оксиду сульфуру (IV), оксиду нітрогену (IV) та оксиду карбону (II), які надходять в атмосферу під час роботи ТЕЦ.

Таблиця 2.3 - Валові викиди забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу під час роботи ТЕЦ

Забруднююча речовина	Фактичний викид, т/рік	Фактичний викид, г/с
Сажа	0,5	1,157
SO ₂	34,3	79,37
NO ₂	48,48	8,419
CO	143,368	128,08

Аналогічні розрахунки проведено і для інших забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу. Кількісна та якісна характеристика забруднюючих речовин, що поступають в атмосферу від організованих та неорганізованих джерел викидів Турбівського цукрового заводу наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика забруднюючих речовин, що поступають в атмосферу від організованих та неорганізованих джерел викидів ЗАТ «Турбів-цукор»

Назва речовини	ГДК _{м.р} ОБРВ	Клас небезпеки	Фактичні викиди речовини, т/рік
Нітроген (IV) оксид	0,06	2	47,96
Сульфур (IV) оксид	0,5	3	34,3
Карбон (II) оксид	5,0	4	178,58
Сажа	0,15	3	0,5
Манган та його сполуки	0,01	2	0,0045
Амоніак	0,2	4	5,1
Кислота сульфатна	0,3	2	0,00017
Ксилол	0,2	3	0,023
Бензин	5,0	4	0,0041
Насичені вуглеводні	1,0	4	3,6866
Зола	0,3	3	0,178
Кальцію оксид	0,05	3	4,12
Кальцію гідроксид	0,05	3	1,411
Кальцію карбонат	0,05	3	0,61
Сірка елементарна	0,07	-	0,009
Уайт-спірит	1,0	-	0,069
Пил вугільний	0,11	-	0,215
Оксид феруму (III)	0,04	3	0,091

З таблиці видно, що дане підприємство викидає в атмосферу найбільше оксиду нітрогену (II), оксиду сульфуру (II) та оксиду карбону (II). До джерел утворення цих речовин належать: сатуратори, сульфітатор, випарні та вакуумні апарати, ТЕЦ, мазутне господарство, механічна майстерня, ковальський горн, транспортне господарство. Також під час процесів випалювання вапняку, його транспортування та зберігання в атмосферу виділяється пил оксиду кальцію та гідроксид кальцію.

3 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Маючи на меті виробництво екологічно безпечних харчових продуктів необхідно знати шляхи контамінації продовольчої сировини та готової продукції шкідливими речовинами та загальні принципи профілактики.

Основними шляхами забруднення сировини та харчових продуктів є:

- аерогенний (безпосередньо або опосередковано через ґрунт) – осадження або вимивання опадами атмосферних викидів;
- гідрогенний (через ґрунт) – використання стічних вод або забруднених поверхневих вод з метою зрошення сільськогосподарських угідь;
- ґрунтовий – вирощування сільськогосподарських культур на забруднених ґрунтах;
- технологічний – використання хімічних засобів захисту рослин, антибіотиків, харчових добавок і консервантів у виробництві продовольчої сировини і продуктів харчування;
- контактний – міграція хімічних речовин із тари і пакувальних матеріалів у продукти харчування.

До засобів профілактики відносяться:

- хімічні – охорона організму людини, зниження рівнів забруднення довкілля, зниження рівнів міграції сторонніх речовин у рослини, виключення із раціону найбільш забруднених продуктів, розроблення і використання технологічних заходів очистки харчових продуктів;
- біологічні – підвищення стійкості організму, раціональне харчування, зниження всмоктування, прискорення виведення, корекція метаболічних порушень, стимуляція функцій окремих органів і систем.

3.1 Загальна характеристика ксенобіотиків і контамінантів

Практично всі харчові продукти містять ксенобіотики (чужорідні речовини) і контамінанти (забруднювачі).

Вважають, що з отрут, які потрапляють в організм людини, 70% надходить з їжею, 20% - з повітрям і 10% - з водою.

До ксенобіотиків відносять сполуки, які не властиві натуральному продукту, але можуть бути додані до нього для покращення або збереження якості і харчових властивостей або утворюватися в результаті технологічної обробки продуктів. До ксенобіотиків відносять і харчові добавки (барвники, смакові інгредієнти, ароматизатори, антиоксиданти та ін.), які вносять у продукти у кількостях, необхідних для досягнення технологічного ефекту, не перевищуючи встановлених норм.

Шлях ксенобіотиків та контамінантів від джерел емісії до органа-мішені наведено на рисунку 3.1. Найбільш небезпечними для здоров'я людини є контамінанти, які потрапляють у харчові продукти з навколишнього середовища. Це токсичні речовини промислових виробництв, транспорту, важкі метали, радіонукліди, нітрозаміни та інші канцерогени. У всіх продуктах практично є залишки сільськогосподарських отрутохімікатів, неправильно застосованих стимуляторів росту, гормональних препаратів, лікувальних і профілактичних медикаментів. Продукт можуть забруднювати також токсичні метаболіти мікроскопічних грибів, бактерій, водоростей та ін.



Рисунок 3.1 - Схема дії контамінанта на організм людини

Хімічними контамінантами харчових продуктів, які потрапляють із навколишнього середовища, є:

Метали: свинець, ртуть, олово, кадмій, хром, сурма, кобальт, нікель, миш'як, олово, мідь, залізо, цинк.

Пестициди, метаболіти, продукти їх деградації: фосфорорганічні інсектициди, хлорорганічні інсектициди, дитіокарбонати, метилбромід та інші.

Радіоізотопи: цезій-137, стронцій-90, йод-131.

Нітрати, нітрити, нітрозосполуки.

Інші речовини, такі як: поліциклічні ароматичні сполуки, полігалогенні дифеніли і терфеніли, стимулятори росту сільськогосподарських тварин, антибіотики, органічні сполуки, що мігрують з пакувальних матеріалів тощо.

3.2 Забруднення продуктів канцерогенними речовинами

Канцерогени в оточуючому середовищі утворюються в результаті діяльності людини, продукуються живими організмами або виникають абіогенно (викиди вулканів, коксохімічні процеси). Найбільш небезпечними є забруднення димовими викидами промислових підприємств, транспорту, отоплювальних систем та ін.

Споживання тваринами забрудненої рослинної сировини приводить до нагромадження канцерогенних речовин у молоці, м'ясі тварин, яйцях. При кулінарній обробці продуктів, їх копченні, смаженні можуть утворюватися різні хімічні речовини з канцерогенною дією.

Джерелами канцерогенів у харчових продуктах можуть бути метаболіти рослин і мікроорганізмів, які продукують канцерогенні мікотоксини, гормональні препарати, які використовують для прискорення росту птиці та сільськогосподарських тварин, і деякі харчові добавки, переважно азо- і трифенілметанового ряду, ароматичні і підсолоджуючі речовини. При використанні неякісних пакувальних матеріалів, порушенні умов транспортування і зберігання у продукти можуть мігрувати поліциклічні ароматичні вуглеводні, поліхлоровані ди- і трифеніли, важкі метали,

нітросполуки та інші канцерогенні речовини. Основні джерела забруднення харчових продуктів канцерогенними речовинами наведено на рис. 3.2.

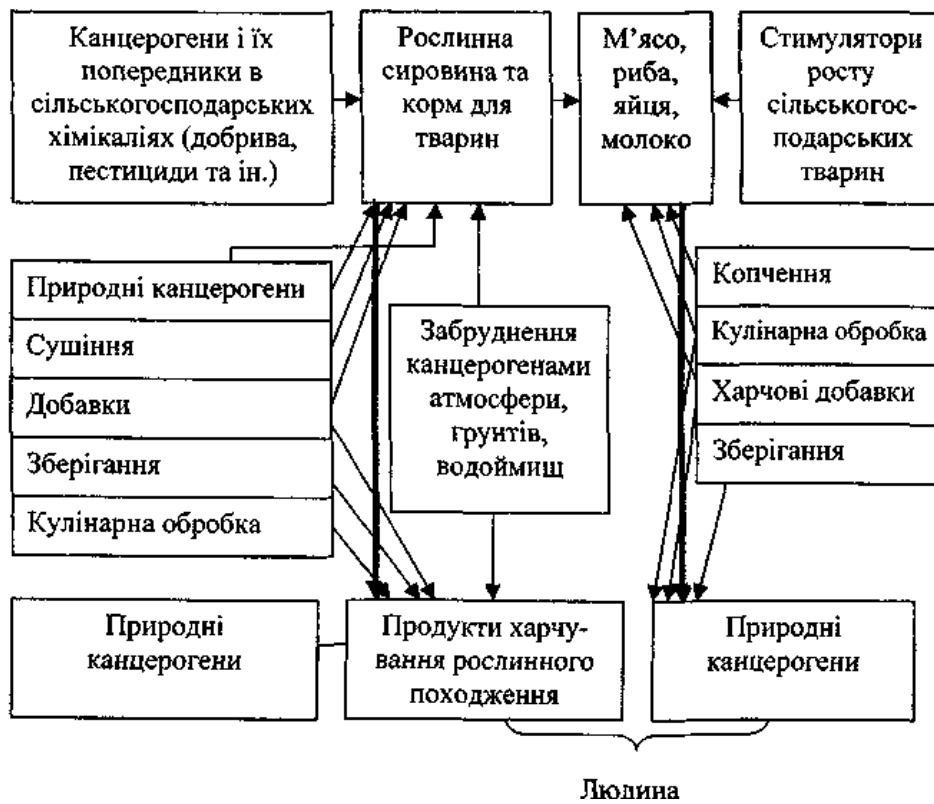


Рисунок 3.2 - Схема забруднення харчових продуктів канцерогенними речовинами

Державний гігієнічний норматив "Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини", включає перелік основних хімічних сполук та факторів хімічної, біологічної і фізичної природи, які здатні викликати у людини утворення злоякісних та доброякісних пухлин.

Канцерогенна небезпека конкретних речовин чи факторів пов'язана з умовами дії, такими як їх рівень, тривалість та шлях впливу на людину, наявність супутніх сполук, які спроможні модифікувати їх біологічний ефект.

Перелік деяких сполук і продуктів, що виробляються і використовуються промисловістю, побутові і природні фактори наведено у табл. 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 - Сполуки і продукти, що виробляються і використовуються промисловістю, побутові і природні фактори з доведеною (група 1) канцерогенністю для людини

Об'єкти дослідження*	Найбільш вірогідні органи, в яких можуть виникати пухлини**
Сполуки, продукти, природні канцерогени	
4-Амінодифеніл ^{1,2,3}	Сечовий міхур
Азбести ¹	Легені, плевра, очеревина (шлунково-кишковий тракт, гортань)
Афлатоксини (В ₂ В ₂ , G ₁ , G ₂)	Печінка, легені
Бензидин ^{1,2,3}	Сечовий міхур
Бензол ^{1,3}	Кровотворна система
Бенз/а/пірен ^{1,2,3}	Легені, шлунок, шкіра
Берилій і його сполуки	Легені
Бісхлорметилловий і хлорметилловий (технічний) ефіри ¹	Легені
Вінілу хлорид ¹	Печінка, кровоносні судини (мозок, легені, лімфатична система)
Ерїоніт ¹	Плевра, очеревина
Етилену оксид ¹	Лімфатична та кровотворна системи
Іприт сірчистий ^{1,3}	Глотка, гортань, легені
Кадмій і його сполуки ^{1,3}	Простата
Кам'яновугільні і нафтові смоли, пеки і їх сублімати ^{1,3}	Шкіра, легені, сечовий міхур, гортань, порожнина рота
Мінеральні масла неочищені і неповністю очищені ^{1,3}	Шкіра (легені, сечовий міхур, шлунково-кишковий тракт)
Миш'як і його неорганічні сполуки ^{1,2,3}	Легені, шкіра
1-Нафтиламін технічний, що містить понад 0,1% 2-нафтиламіну ^{1,2,3}	Сечовий міхур
2-Нафтиламін ^{1,2,3}	Сечовий міхур (легені)
Нікель, його сполуки і суміші сполук нікелю ¹	Порожнини носа, легені, гортань
Сажі побутові ^{1,3}	Шкіра, легені
Сланцеві масла ^{1,3}	Шкіра, шлунково-кишковий тракт
Тальк, що містить азбестоподібні волокна ¹	Легені
Побутові та природні фактори	
Алкогольні напої	Глотка, стравохід, печінка, гортань, порожнина рота (молочна залоза)
Радон ¹	Легені
Сонячна радіація ³	Шкіра
Тютюновий дим ¹	Легені, сечовий міхур, порожнини носа, гортань, глотка, стравохід, підшлункова залоза, нирки
Тютюнові продукти бездимні ²	Порожнини рота, глотка, стравохід
Примітки: * Шлях надходження до організму: ¹ - інгаляційний, ² - пероральний, ³ - надшкірний	
** В дужках - органи, в яких пухлини можуть виникати з меншою вірогідністю.	

3.3 Забруднення продуктів харчування токсичними металами

Метали, густина яких більша 5 г/см³, називають важкими металами. До таких металів належать: свинець, ртуть, миш'як, мідь, цинк, залізо, кобальт, нікель, кадмій. Важкі метали містяться в різних об'єктах навколишнього

середовища, харчових продуктах та продовольчій сировині. Кожен об'єкт характеризується різним складом і різним вмістом важких металів [1-13].

Таблиця 3.2 - Сполуки і продукти, що виробляються і використовуються промисловістю, побутові і природні фактори з вірогідною (група 2) канцерогенністю для людини

Об'єкти дослідження*	Найбільш вірогідні органи, в яких можуть виникати пухлини***
Сполуки, продукти, природні канцерогени	
Акрилонітрил	(Легені, простата, лімфатична система — лімфоми) ¹
Епіхлоргідрин	(Дихальні шляхи)
Іприт азотистий	Шкіра, кровотворна та лімфатична системи ^{1,3}
Кремнезем кристалічний	(Легені) ¹
Креозоти	(Шкіра) ³
N-Метил-N-Нітро-N-нітрозогуанідин	(Мозок)
Поліхлоровані біфеніли	(Печінка, шкіра, кровотворна система)
o-Толуїдин	(Сечовий міхур) ^{2,3}
Формальдегід	(Носові порожнини) ¹
p-Хлор-o-Толуїдин	(Сечовий міхур)
Примітки: * Шлях надходження до організму: ¹ - інгаляційний, ² - пероральний, ³ - надшкірний **В дужках - органи, в яких пухлини можуть виникати з меншою вірогідністю. *** Шлях проникнення визначається регламентом застосування препарату.	

Надходження сполук важких металів в продукти харчування та продовольчу сировину здійснюється за такою схемою (рис.3.3):

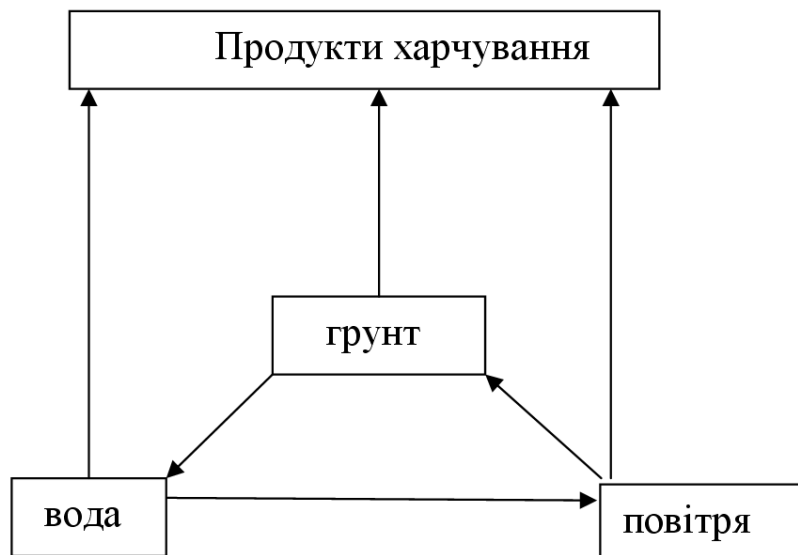


Рисунок 3.3 – Схема забруднення продуктів харчування та продовольчої сировини важкими металами

В таблицях 2.3 та 3.4 наведено вміст цинку, міді та свинцю в ґрунтах, підземних водах та відкритих водоймах.

Таблиця 3.3 - Вміст металів у ґрунті, мг/кг

Хімічні елементи	2014 р. min/max	2015 р. min/max	2016 р. min/max	2017 р. min/max
Свинець	0,09/23,9	0,35/26,06	0,08/20,4	0,08/20,2
Цинк	0,93/32,48	0,24/28,15	0,14/23,2	0,19/21,13
Мідь	0,23/3,9	0,01/3,76	0,05/3,19	0,04/3,04

Приведені дані свідчать, що вміст свинцю, цинку, міді в ґрунтах поступово зменшувався. Це можна пояснити зупинкою окремих виробництв або зменшенням випуску продукції підприємствами та зменшенням обсягів застосування мінеральних добрив і засобів захисту рослин.

Таблиця 3.4 - Вміст металів у питній воді, мг/л

Хімічні елементи	2016 р.		2017 р.	
	питна вода min/max	водойми min/max	питна вода min/max	водойми min/max
Свинець	0,0022/0,4	0,002/0,6	0,0012/0,0018	0,002/0,091
Цинк	0,039/0,3	0,35/2,7	0,028/2,57	0,027/1,36
Мідь	0,063/1,28	0,04/1,67	0,028/1,16	0,026/1,3

Відповідно зменшується вміст солей важких металів і в харчових продуктах. В таблиці 3.5 показано вміст деяких важких металів в продуктах харчування, що вирощувалися на території Житомирської області.

Таблиця 3.5 - Вміст металів в продуктах харчування, мг/кг

Вид продукту	Хімічний елемент	2016 р.		2017 р.	
		max	min	max	min
Молоко та молокопродукти	Свинець	0,0064	0,8	0,0053	0,19
	Цинк	0,05	4,1	0,038	19,1
	Кадмій	0,0072	0,01	0,0016	0,0024
	Мідь	0,63	1,32	0,28	1,1
Хлібопродукти та круп'яні вироби	Свинець	0,015	0,184	0,011	1,08
	Цинк	0,64	19,4	0,82	20,18
	Кадмій	0,0061	0,0079	0,0001	0,0075
	Мідь	0,04	6,9	0,06	9,32
Овочі, плоди, ягоди	Свинець	0,018	0,09	0,00054	0,3
	Цинк	2,28	2,1	0,19	9,3
	Кадмій	0,008	0,09	0,00054	0,00095
	Мідь	0,15	0,01	0,19	2,84

Розміщення сільськогосподарських комплексів по вирощуванню продовольчої сировини та підприємств виготовлення харчових родуктів на території або поблизу місць, де вміст важких металів в об'єктах навколишнього середовища перевищує гранично допустимі рівні призводить до перевищення цих норм в самих харчових продуктах та продовольчій сировині. Відсоток проб, у яких зафіксовано перевищення ГДК окремих важких металів в харчових продуктах, ґрунті та воді зображено на рисунках 3.4 – 3.6.

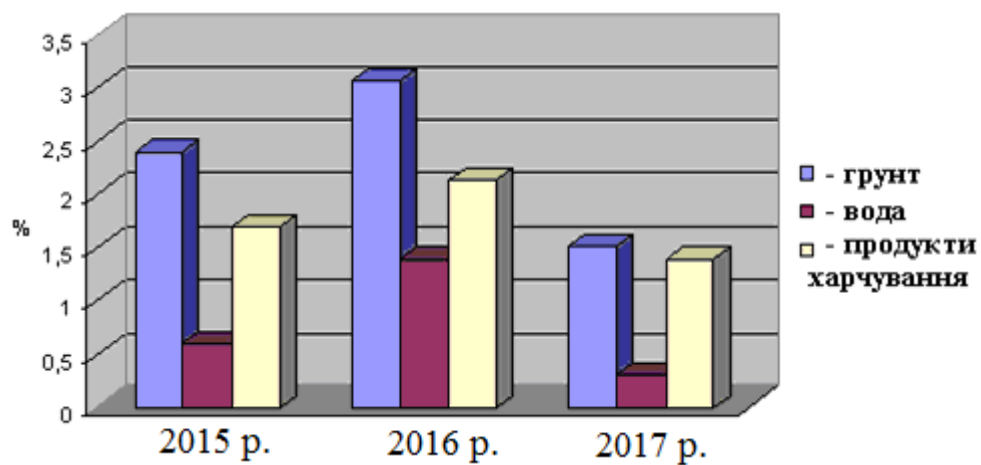


Рисунок 3.4 – Відсоток проб, у яких зафіксовано перевищення ГДК свинцю в ґрунтах, воді та продуктах харчування

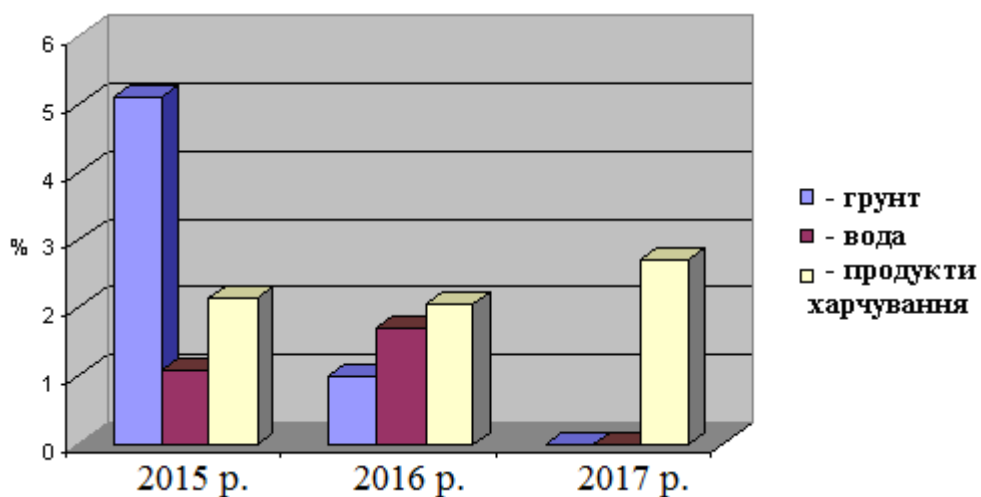


Рисунок 3.5 – Відсоток проб, у яких зафіксовано перевищення ГДК цинку в ґрунтах, воді та продуктах харчування

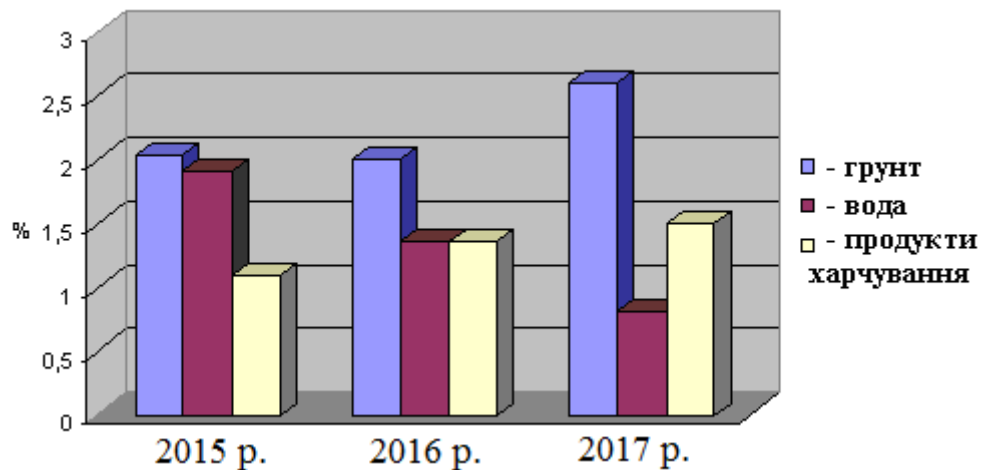


Рисунок 3.6 – Відсоток проб, у яких зафіксовано перевищення ГДК міді в ґрунтах, воді та продуктах харчування

Аналіз даних про кількість проб ґрунтів, води, харчових продуктів, в яких вміст солей важких металів перевищує гранично допустимі рівні, показує, що їх відсоток в 2016-2017 рр. в порівнянні з 2015 р. не зменшився. Це пояснюється складнощами у здійсненні санітарного нагляду в та відкриттям багаточисельних невеликих виробництв, на яких не дотримуються санітарно-гігієнічних правил.

Можна зробити висновок, що вміст важких металів в продовольчій сировині та продуктах харчування залежить від їх вмісту в об'єктах навколишнього середовища. Основна частина важких металів, що містяться в продуктах харчування надходить з ґрунтів. Важливе значення також має надходження важких металів та їх сполук під час технологічної обробки, транспортування та зберігання.

Тому вміст важких металів в харчових продуктах та продовольчій сировині перш за все залежить від їх вмісту в навколишньому середовищі.

4 ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

4.1 Критерії безпеки харчових продуктів

Харчові продукти вважаються безпечними, якщо вони не містять шкідливих речовин або їх вміст не перевищує законодавчо визначені гігієнічні нормативи. У методології нормування ксенобіотиків у харчових продуктах та інших середовищах існують принципові відмінності. Вони зумовлені тим, що токсикологічно допустима доза має бути включена до загальної маси усіх щоденно вживаних людиною продуктів, у яких реально присутній нормований ксенобіотик, а його допустимий вміст потрібно визначити окремо у кожному з цих продуктів, враховуючи вплив сторонньої речовини на якість даного продукту за гігієнічно значущими показниками. Тому науковому обґрунтуванню підлягають два види нормативів різного призначення: 1) допустима добова доза (ДДД), яка визначає допустиме добове надходження (ДДН) ксенобіотика у складі раціону, і 2) серії гранично допустимих концентрацій (ГДК) цієї речовини в окремих продуктах. Нормативи цього виду у гігієні харчування єдиної назви не мають: для пестицидів – це максимально допустимі рівні; для важких металів – ГДК; для нітратів – допустимий вміст; для харчових добавок – межа).

ДДД – максимальна доза (у міліграмах на 1 кг маси тіла), щодобове надходження якої в організм людини протягом усього життя безпечно для її здоров'я і здоров'я потомства. Це базовий норматив гігієни харчування, який входить у санітарне законодавство.

Добуток ДДД на масу тіла стандартної людини (60 кг) являє собою ДДН (у міліграмах на добу) ксенобіотика у складі раціону. Як норматив ДДН використовується за одним із трьох принципів: 1) комплексного нормування у їжі, воді і атмосферному повітрі (пестициди); 2) єдиного нормування ксенобіотиків, які надходять через харчовий канал (нітрати); 3) незалежного

нормування у кожному середовищі (важкі метали).

Нормативи ГДК обмежують вміст ксенобіотика в одиниці маси або об'єму окремого продукту (у міліграмах на 1 кг або 1 дм³) таким чином, щоб сумарний вміст речовини у добовому продуктовому наборі не перевищував ДДН і у цьому разі не змінювались харчові і біологічні властивості даного продукту (якщо їх зміна не робиться навмисно, як у разі використання харчових добавок – ароматизаторів).

У зв'язку з цим для кожного виду продуктів ураховують 3 показники шкідливості – токсикологічний, органолептичний і загальногігієнічний, за якими визначають порогові концентрації 1) за токсикологічними критеріями, узгоджену з ДДД; 2) яка запобігає зменшенню біологічної цінності харчового продукту; 3) яка запобігає погіршанню органолептичних властивостей. Менша з трьох концентрацій визначить лімітуючий показник шкідливості і верхню межу допустимого вмісту нормованого ксенобіотика у даному харчовому продукті.

4.2 Екологічна безпека людини при вживанні продуктів харчування забруднених важкими металами

Норми вмісту важких металів для різних груп продуктів та сировини, які контролюються у продуктах харчування та продовольчій сировині, наведені в таблиці 4.1 [10-12].

Протягом всього існування людини її життєдіяльність підтримується завдяки споживанню харчових продуктів і води. Тому одним з основних факторів, які визначають перелік ознак здоров'я людини є ступінь екологічної чистоти продуктів харчування і питної води. Статистика показує, що з усієї кількості шкідливих речовин, що надходять в організм людини близько 80 % знаходяться в продуктах харчування і напоях.

Шкідливі речовини, що конденсуються в продуктах харчування, потрапляють у них наступними двома основними шляхами:

1 – надходять із зовнішнього середовища в сировинну базу в результаті навмисної хімізації в процесі вирощування чи випадково (псевдовипадково) через специфічну екологічну обстановку в районах, у яких вирощується сировина;

2 – використовуються навмисно в процесі виготовлення, технологічної обробки, при виробництві тари.

Одними із шкідливими речовинами, які надходять цими шляхами в харчові продукти є: важкі і рідкісні метали.

Таблиця 4.1 – ГДК важких металів в продовольчій сировині та продуктах харчування, мг/кг

Продукти харчування та сировина	ГДК					
	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Sn
Хлібопекарські та кондитерські вироби	0,3-2,0	0,003-0,5	0,1-0,5	1,0-20,0	3,0-130,0	-
Молочні продукти	0,05-0,3	0,02-0,2	0,005-0,15	0,5-4,0	5,0-50,0	200,0
Рослинні продукти	0,1-10,0	0,03-1,0	0,02-0,1	0,5-100,0	5,0-20,0	200,0
М'ясо і м'ясні продукти	0,3-3,0	0,03-0,1	0,03-0,2	0,5-20,0	5,0-200,0	200,0
Риба і морепродукти	1,0-10,0	0,2-2,0	0,2-0,7	10,0-30,0	40,0-200,0	200,0
Напої	0,3-1,0	0,01-0,03	0,005	1,0-5,0	5,0-10,0	-
Продукти дитячого харчування	0,05-1,0	0,03-0,1	0,005-0,15	1,0-25,0	5,0-50,0	-

Більшість з цих речовин характеризується своєю негативною дією на здоров'я людини. Тому перед ухваленням рішення про використання певних продуктів харчування у їжу проводяться дослідження ступеня шкідливості важких металів, що в них містяться. Такі дослідження проводяться експериментально на тваринах, а сама методика базується на визначенні вихідного параметра – середньої смертельної дози речовини (доза, яка викликає загибель 50 % тварин при одноразовому введенні в шлунок). Ця величина розглядається як показник абсолютної токсичності речовини. На її основі визначається допустима концентрація цієї речовини в продукті харчування. Смертельна доза вимірюється в міліграмах речовини на 1 кг маси тіла.

При аналізі і встановленні ступеня шкідливості розглянутого класу забруднювачів харчових продуктів оцінюється і здатність організму людини до їхнього нагромадження, тобто до ефекту кумуляції, табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Накопичення важких металів в організмі людини при тривалому надходженні, мг/кг

Тривалість надходження, роки	Вміст акумульованого металу, мг/кг							
	Zn	Cu	Fe	Cd	Ni	Co	Mn	Cr
1	62,4	8,5	435	8,5	37,5	< 0,5	85,5	<2,5
2	88,6	10,5	358	9,5	39,5	< 0,5	108	<2,5
3	150,2	12	350	9,5	37,5	< 0,5	108,5	<2,5
4	193	11,5	340	11	17,5	< 0,5	108,5	<2,5
5	217	19	340	12	22,5	< 0,5	138	<2,5

З таблиці видно, що не всі важкі метали мають здатність до кумуляції. Наприклад, Zn, Cu, Cd та Mn здатні накопичуватися в організмі людини і не виводяться до кінця життя, Fe та Ni знаходяться в організмі залежно від їх надходження і виводяться при зменшенні їх споживання, а Co і Cr – взагалі майже не акумулюються. Графічні залежності кумулятивних властивостей важких металів від терміну їх надходження в організм наведені в (додатку Д).

При дослідженні цього ефекту встановлено, що існує два типи кумуляції:

1 – матеріальна, котра виражається в нагромадженні токсичних речовин і речовин, що змінюють природний обмін речовин в організмі людини. Такі речовини називаються метаболітами (гр. – *metabole* – зміна).

2 – функціональна, котра супроводжується нагромадженням патологічних (гр. *pathos* – хвороба) ефектів тобто анатомічних змін в організмі людини.

З метою повної різнобічної оцінки ступеня забруднення харчових продуктів важкими металами розроблена наступна класифікація ознак:

- допустима добова доза (ДДД) споживання – кількість важких металів у харчових продуктах, яка при щоденному вживанні не викликає негативних змін здоров'я людини протягом усього його життя;

- максимально допустимий рівень (МДР) залишків важких металів у харчових продуктах;

- частота виявлення важких металів, їхній рівень;
- ступінь токсичності забруднювача при введенні його в шлунок;
- ступінь токсичності забруднювача при впливі на шкірний покрив;
- по алергенних властивостях;
- по ступеню кумуляції.

Зниження концентрації важких металів у харчових продуктах досягається наступними шляхами:

- оптимальним їхнім застосуванням на етапі обробки сільськогосподарської продукції (обробка металовмісними засобами захисту рослин);

- застосуванням нетоксичних металів стосовно організму людини, при виготовленні металевої тари чи обладнання для переробки продуктів харчування;

- технологічною обробкою сировини при виготовленні харчових продуктів (випарювання, сушіння, дистиляція і т. п.).

Для запобігання забруднення продуктів харчування надмірними концентраціями важких металів, шкідливого впливу їх на організм людини реалізуються наступні основні напрямки на державному рівні:

- формування і виконання державних програм, спрямованих на поліпшення загальної екологічної ситуації в Україні;

- підготовка кваліфікованих фахівців в області екологічного захисту продуктів харчування;

- ретельне дослідження шкідливих речовин, що надходять у продукти харчування, наукове обґрунтування і беззастережне дотримання державних стандартів, які встановлюють допустиму концентрацію шкідливих речовин у продуктах харчування;

- створення спеціальних державних контрольних лабораторій і служб для визначення екологічної чистоти харчових продуктів;

- обмеження, а в окремих випадках і заборона використання засобів захисту рослин, добрив, які приводять до неприпустимого забруднення сільськогосподарських продуктів шкідливими речовинами;

- прогнозування і запобігання аварійних ситуацій, які можуть викликати викид шкідливих речовин у навколишнє середовище;

- масова, доступна, постійна й оперативна інформація про дійсний хімічний склад шкідливих речовин у харчових продуктах, їхній придатності до вживання і ступеня безпеки.

Останній напрямок реалізується відповідним маркіруванням дати виготовлення і терміну реалізації продуктів. Указується також характеристика можливого негативного ефекту, який потенційно може проявитися стосовно здоров'я людини у випадку постійного чи надмірного споживання продукту з певним вмістом важких металів.

4.3 Контроль за вмістом важких металів у продовольчій сировині та продуктах харчування

Важливе значення для забезпечення випуску якісної та екологічно безпечної продукції, а також попередження надходження в організм людини шкідливих речовин у кількостях, що перевищують гігієнічні норми, має контроль за вмістом контамінантів хімічного та біологічного походження.

Для цього на підприємствах, які випускають харчову продукцію, контролюють її за показниками якості та екологічної безпеки [1, 2, 14]. Вимоги до безпеки продовольчої продукції наведені у нормативній документації ("Медиико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов", "Тимчасові гігієнічні нормативи вмісту контамінантів хімічної і біологічної природи у біологічно активних добавках", "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 у продуктах харчування та питній воді").

До токсичних елементів, вміст яких підлягає гігієнічному контролю у продовольчій сировині та харчових продуктах, належать, перш за все, важкі метали та миш'як.

Важливе значення має контроль за вмістом токсичних елементів у продовольчій сировині та харчових продуктах в районах геохімічних аномалій; районах розташування підприємств металургійної, машинобудівної, гірничодобувної, хімічної промисловості та ін.; при використанні для зрошення промислових стоків та мулових осадів з очисних споруд як добрив; в продуктах рослинництва, які вирощують поблизу великих автомагістралей; при інтенсивному використанні мінеральних добрив, засобів хімічного захисту рослин [14-16].

Необхідно контролювати вміст ртуті, перш за все, у рибі та рибопродуктах, зернових та молочних продуктах; кадмію - у рослинних, молочних, м'ясних та рибних продуктах; свинцю - у рослинних, молочних та м'ясних продуктах, рибі, консервах, особливо у збірній жерстяній тарі. В останньому випадку треба визначати також вміст олова.

Контроль показників безпеки продовольчої сировини, яка надходить на виробництво, та продукції, що випускається, здійснюється акредитованими виробничими лабораторіями підприємств або лабораторіями інших організацій, акредитованими Державним комітетом України з питань технічного регулювання та споживчої політики.

Періодичність контролю за вмістом токсичних елементів, радіонуклідів, нітратів, N - нітрозамінів, пестицидів, мікотоксинів, гістаміну, антибіотиків та гормональних препаратів у продовольчій сировині та харчових продуктах, біологічно-активних добавок встановлюється відповідно до вимог державних стандартів та нормативної документації на продукцію [1].

Предметом контролю за вмістом важких металів є:

- продовольча продукція - харчові продукти, продовольча сировина та супутні матеріали;

- продовольча сировина - продукція рослинного, тваринного, мінерального, синтетичного чи біотехнологічного походження, що використовується для виробництва харчових продуктів;

- спеціальні харчові продукти - дієтичні, оздоровчі, профілактичні харчові продукти та біологічно активні харчові добавки, продукти дитячого харчування, харчування для спортсменів тощо;

- харчові продукти - будь-який продукт, що в натуральному вигляді чи після відповідної обробки вживається людиною у їжу або для пиття.

Для оцінки показників безпеки продовольчої сировини та готових харчових продуктів використовують методи аналізу, передбачені в СанПіН, нормативних документах, методичних вказівках та рекомендаціях.

Важкі метали в об'єктах навколишнього середовища, продовольчій сировині та продуктах харчування містяться у малих концентраціях, тому для їх визначення використовують фізико-хімічні методи аналізу.

Одним з найпоширеніших є фотометричний метод, який полягає у вимірюванні інтенсивності забарвлення сполук важких металів в досліджуваному розчині. Використовується для визначення важких металів та їх сполук в ґрунтах, повітрі, воді та продуктах харчування.

В продовольчій сировині та продуктах харчування даний метод дозволяє визначити лише деякі метали.

Для визначення ртуті досліджуваний зразок розкладають сумішшю нітратної та хлоридної кислот, осаджують ртуть йодидом міді та визначають інтенсивність забарвлення тетраїодомеркурозату міді, шляхом порівняння кольору осаду, що утворився в досліджуваному розчині з стандартною шкалою. Мінімальна маса ртуті, яка може бути визначена даним методом складає 0,15 мкг в об'ємі досліджуваного розчину.

Для визначення міді досліджуваний зразок мінералізують і вимірюють інтенсивність забарвлення розчину комплексної сполуки міді з диетилдитіокарбамітом натрію жовтого кольору. Оптичну густину визначають

при довжині хвилі 440 нм. Мінімальна маса міді, яка може бути визначена даним методом, складає 10 мкг в об'ємі досліджуваного розчину.

Олово визначають вимірюванням інтенсивності забарвлення комплексної сполуки олова з кверцетином жовтого кольору. Оптичну густину визначають при довжині хвилі 440 нм. Мінімальна маса олова, яку дозволяє визначити даний метод, складає 10 мкг в об'ємі досліджуваного розчину.

Для визначення важких металів та їх сполук в навколишньому середовищі фотометричний метод використовується частіше і дає змогу визначити майже всі метали. Так, цинк та кадмій у воді визначають екстракційно-фотометричним методом з дитизоном, який полягає в екстрагуванні іонів важких металів з води розчином дитизону у чотирихлористому вуглеці. При цьому утворюється забарвлений у червоний або малиновий колір комплекс дитизонату цинку та кадмію відповідно, інтенсивність забарвлення яких пропорційна концентрації важких металів. Іони цинку кількісно екстрагуються дитизоном в інтервалі рН 4-7, кадмію – 8-9. Реєструють аналітичний сигнал – оптичну густину екстракту при довжині хвилі 530-540 нм [13-18].

Вміст важких металів у продовольчій сировині, продуктах харчування та об'єктах навколишнього середовища визначають методом атомно-емісійної спектроскопії. Даний метод ґрунтується на вимірюванні інтенсивності ліній елемента в спектрі випромінювання. Досліджуваний зразок атомізують і збуджують під дією електричного розряду. Метод дозволяє провести визначення вмісту важких металів в продуктах харчування в таких діапазонах: для міді від 0,02 до 5,0 мкг/кг; для арсену від 0,025 до 10,0 мкг/кг; для ртуті від 0,01 до 5,0 мкг/кг.

Для визначення важких металів в воді попередньо екстракційно концентрують їх іони у вигляді комплексів з диетилтіокарбаматом і 8-оксихіноліном. Мінімальні кількості металів, які можна визначити даним методом, такі: мідь – 0,4 мкг, кобальт і алюміній - 0,6 мкг, олово – 1,2 мкг, свинець – 4 мкг.

Атомно-абсорбційний метод аналізу ґрунтується на кількісному визначенні вмісту важких металів та їх сполук в досліджуваному зразку за атомними спектрами поглинання. Оснований на здатності атомів вибірково поглинати електромагнітне випромінювання в різних ділянках спектра. Вимірювання проводять на абсорбційних спектрофотометрах. Пробу матеріалу, що аналізується, розчиняють; розчин у вигляді аерозолу подають в полум'я пальника. В полум'ї (3000°C) солі дисоціюють на атоми, які можуть поглинати світло. З загального випромінювання спектральні лінії, що досліджуються, виділяють монохроматором, а їх інтенсивність фіксують блоком реєстрації.

Даний метод дозволяє визначити вміст важких металів як в об'єктах навколишнього середовища, так і в продовольчій сировині та продуктах харчування.

Для визначення ртуті в продовольчій сировині та продуктах харчування методом атомно-абсорбційної спектроскопії окислюють сполуки ртуті, що містяться в досліджуваному зразку до двохвалентного іону в кислому середовищі і відновлюють до металеві форми, а потім визначають вміст ртуті на спектрофотометрі. Вимірювання проводять при довжині хвилі 253,7 нм. Мінімальна маса ртуті, яка може бути визначена даним методом, складає 0,01 мкг в об'ємі досліджуваного зразка масою до 3 г [12-17].

Метод атомно-абсорбційної спектроскопії використовується для визначення вмісту важких металів в ґрунтах та продуктах харчування.

В воді визначення кобальту, свинцю, кадмію, стибію та срібла полягає в екстракційному концентруванні названих елементів хлороформом з диетилдитіокарбаматом і 8-оксихіноліном з подальшим атомно-абсорбційним визначенням. Мінімальна визначувана концентрація в 1 л води становить: кобальту – 0,2 мкг, свинцю – 0,1 мкг, кадмію. 0,005 мкг, стибію – 0,1 мкг, срібла – 0,01 мкг. Визначенню заважають органічні речовини, які утворюють стійкі розчинні комплекси з іонами важких металів. Їх позбуваються кип'ятінням проби води з персульфатом амонію протягом 20 хв.

Для вимірювання вмісту міді, кадмію, свинцю та цинку в повітрі та воді використовується метод інверсійної вольтамперометрії з лінійною розгорткою потенціалу на твердому електроді із вуглецевого матеріалу (вуглєситату), що обертається в присутності іонів двоцвалентної ртуті.

Інверсійний електрохімічний метод оснований на здатності елементів електрохімічно осаджуватись на індикаторному електроді із розчину, що аналізується при постійному потенціалі в потенціостатичному режимі, а потім розчиняється в процесі анодної поляризації при певному потенціалі, характерному для кожного елемента. Процес електроосадження елементів на індикаторному електроді проходить при заданому потенціалі електролізу протягом визначеного часу електролізу. Електророзчинення елементів проводять в режимі змінного потенціалу, при заданій швидкості зміни потенціалу. Швидкість розгортки потенціалу дорівнює 0,1...10 мВ/с, час накопичення від 15 до 300 с, рН – 3,5, фон 0,05 М НСІ. Потенціали накопичення для кадмію -2,92 В, для цинку -0,76 В, для міді 0,34 В. Один цикл вимірювань включає в себе чотири стадії: регенерація, накопичення, заспокоєння, вимірювання – реєструють вольт-амперну криву.

В присутності іонів металів на знятій вольтамперограмі реєструються піки, положення яких на вісі потенціалів визначається природою металу, а висота – їх вмістом. Проводиться ідентифікація піків кадмію, міді, свинцю та цинку, що знаходяться в межах потенціалів: цинк -1200...-900 мВ, кадмій - 600...-450 мВ, свинець -450...-300 мВ, мідь -150...-20 мВ. Для розрахунку концентрації елемента використовують метод добавок.

Даний метод використовують для визначення дуже малих концентрацій речовин, оскільки він поєднує в собі визначення і концентрування, що дає змогу визначити концентрації важких металів в повітрі та воді до 10^{-9} моль/л.

Поляррографічний метод найчастіше використовується для визначення вмісту важких металів в продовольчій сировині та продуктах харчування. Метод ґрунтується на вивченні залежності сили струму в електролітичній комірниці від потенціалу ртутно-крапельного індикаторного електроду.

Даний метод передбачає визначення вмісту важких металів в пробі харчових продуктів шляхом озолення харчових продуктів в нітратній кислоті з подальшим переведенням проби в розчин. Дослідження проводять на полярографі в режимі змінного струму. Полярограму записують при напрузі від мінус 0,1 до мінус 1,4 по відношенні до ртуті, обираючи режим роботи відповідно до інструкції до полярографу.

Кожен з металів, що визначаються, відрізняється напругою виділення та мінімальною концентрацією, яку можливо визначити. Мінімальна концентрація міді, яку можна визначити полярографічним методом складає $0,1 \text{ мкг/см}^3$, свинцю - $0,06 \text{ мкг/см}^3$, кадмію - $0,02 \text{ мкг/см}^3$, цинку - $0,2 \text{ мкг/см}^3$.

Отже, важкі метали належать до токсичних елементів, вміст яких підлягає контролю, періодичність якого встановлюється у відповідності до нормативної документації. Для визначення вмісту важких металів в об'єктах навколишнього середовища, продовольчій сировині та продуктах харчування використовують спектрскопічні (фотометричний, атомно-емісійний і атомно-абсорбційний) та електрохімічні (полярографічний та інверсійно-вольтамперометричний) методи аналізу, які дозволяють контролювати їх вміст на рівні ГДК.

4.4 Визначення вмісту важких металів в продовольчій сировині та харчових продуктах

Згідно технічного завдання (додаток А), розробленого на підставі індивідуального завдання, проаналізовано методи визначення важких металів та обрано оптимальний для визначення їх вмісту в продовольчій сировині та продуктах харчування.

4.4.1 Вибір методу аналізу

Велику роль у виборі методу аналізу відіграють тривалість і трудомісткість пробопідготовки та безпосереднього проведення аналізу,

кількість потрібних розчинів та доступність обладнання для проведення аналізу. В процесі вибору оптимального методу вимірювання також зважають на точність, відтворюваність, вибірковість, селективність та експресність методу.

Для визначення вмісту свинцю, міді, кадмію, цинку в продуктах харчування обрано полярографічний метод аналізу. Метод оснований на мокрій мінералізації (озоленні) проби з використанням в якості допоміжної речовини азотної кислоти для кількісного визначення свинцю, міді, кадмію і цинку полярографуванням в режимі змінного струму. Мінімальна концентрація металів, яка може бути визначена даним методом складає 0,06; 0,2; 0,02; 0,1 мкг/см³ розчину, що полярографується свинцю, міді, кадмію та цинку відповідно.

Перевагою даного методу є те, що він дозволяє проводити визначення всіх перерахованих металів і використовується для усіх видів продовольчої сировини та продуктів харчування. Для порівняння, фотометричним методом можна визначати лише деякі метали, а зокрема ртуть, мідь та олово, хоча при проведенні аналізу використовують більш доступне і просте у використанні обладнання. Чутливість полярографічної методики визначення вища за фотометричну. Полярографічний метод дозволяє проводити вимірювання в досить широкому діапазоні концентрацій: від 0,06 до 8,0; від 0,2 до 3; від 0,02 до 5 та від 0,2 до 10 мкг/см³ розчину, що полярографується, для свинцю, міді, кадмію та цинку відповідно, включно із границями сумарної відносної похибки $\delta \pm 25 \%$.

Метод є точним – дозволяє визначати всі важкі метали, з гарною відтворюваністю результатів. Результати аналізу отримуються швидко, більше часу затрачається на пробопідготовку. Метод відносно недорогий, але потребує особливої підготовки кадрів.

Таким чином, не зважаючи на необхідність використання ртуті під час проведення аналізу, що є небезпечним для здоров'я персоналу і потребує підвищених вимог до кваліфікації працівників та дотримання правил техніки

безпеки, полярографічний метод через високу чутливість, точність, широкий діапазон вимірюваних концентрацій та можливість одночасного визначення декількох металів з однієї проби, обрано для проведення аналізу. Експериментальні дослідження проведені на базі лабораторії Вінницької санітарно-епідеміологічної станції.

4.4.2 Підготовка проб до аналізу

Експериментальні дослідження проведені на базі лабораторії Вінницької санітарно-епідеміологічної станції.

При проведенні аналізу продовольчої сировини та продуктів харчування лімітуючою стадією є підготовка проби до аналізу. Розкладання зразка з переведенням його в розчин здійснюють способом мокрої та сухої мінералізації, для рослинних і тваринних жирів використовують кислотну екстракцію.

Для проведення аналізу відбирають наважки продукту масою 25 г та ретельно подрібнюють. Проводять мінералізацію проб, яка основана на повному руйнуванні органічних речовин проби продукту при нагріванні з сульфатною і нітратною концентрованими кислотами з додаванням хлоридної кислоти і перекису водню. Метод призначений для всіх видів сировини і продуктів, крім вершкового масла і тваринних жирів. Пробопідготовку зразків круп'яних виробів проводять способом сухої мінералізації, який ґрунтується на повному розкладанні органічної речовини спалюванням проби в електропечі.

При мокрій мінералізації наважки подрібненого продукту переносять на беззольний фільтр, завертають в нього і скляною паличкою поміщають на дно колби Кьельдаля або плоскодонної колби. У колбу вносять 50 см³ нітратної кислоти і витримують 15 хвилин. Потім в колбу вносять 2-3 скляних кульки для рівномірного кипіння, закривають грушоподібною скляною пробкою і починають нагрівати на електроплитці слабо, потім сильніше, упарюючи вміст колби до об'єму 3 см³. Колби охолоджують, вносять 10 см³ нітратної кислоти,

вміст упарюють до об'єму 5 см³, після чого охолоджують. Цю процедуру повторюють 2 – 4 рази.

В колбу вносять 50 см³ нітратної кислоти, 25 см³ сульфатної кислоти 20 см³ хлоридної кислоти. Вміст колби упарюють до об'єму приблизно 5 см³, не допускаючи утворення коричневого забарвлення. При його появі нагрівання припиняють. Колбу охолоджують до кімнатної температури, додають 5 см³ нітратної кислоти і 2 см³ хлоридної кислоти і знову нагрівають до появи білої пари сірчаного ангідриду. Якщо при цьому розчин не знебарвився, цю процедуру повторюють. Мінералізацію вважають закінченою якщо розчин залишається прозорим або блідо-жовтим після охолодження.

Для видалення залишків кислот в охолоджену колбу додають 10 см³ води і кип'ятять 10 хвилин з моменту виділення білих парів, потім охолоджують. Додавання води і нагрівання повторюють ще два рази.

Якщо при цьому утворюється осад, в колбу вносять 20 см³ води, 2 см³ сульфатної кислоти, 5 см³ хлоридної кислоти і кип'ятять до розчинення осаду, постійно доливаючи воду, що випаровується. Одержаний мінералізація після охолодження використовують для аналізу повністю або кількісно переносять водою в мірну колбу, доводять до мітки водою і перемішують.

При підготовці проб способом сухої мінералізації наважки продукту масою 25 г поміщають у тигель для спалювання. В якості допоміжної речовини для кращого розкладання наважку заливають 25 см³ нітратної кислоти густиною 1,40 мг/см³ та спалюють в електропечі до повного озолення продукту. Повним озолення вважається тоді, коли вся органічна частина продукту перейшла в мінеральну і перетворилася на золу. Час спалювання складає 1,5 – 2,5 години, в залежності від виду продукту та маси взятої наважки. Потім приготувану золу розчиняють у тиглі в 8 см³ фонового електроліту В, вносячи порціями по 2 см³ і перемішуючи скляною паличкою. Після повного розчинення золи розчин фільтрують через беззольний фільтр, попередньо промитий фоновим електролітом, в мірну колбу, змивають тигель і фільтр тим же розчином і доводять об'єм до 10 см³.

4.4.3 Підготовка лабораторного посуду та приготування розчинів

Лабораторний скляний посуд промивають хромовою сумішшю, водою, нітратною кислотою густиною $1,40 \text{ г/см}^3$, кілька разів дистильованою і двічі бідистильованою водою і висушують. Потім промивають розчином дитизону $0,01 \text{ г/дм}^3$. Навіть при незначній зміні забарвлення проводять кілька разів обробку дитизоном: заповнюють посуд розчином дитизону $0,30 \text{ г/дм}^3$ і витримують кожного разу по 30 хв, після чого промивають хлороформом і повторюють обробку, використовуючи розчин дитизону $0,01 \text{ г/дм}^3$. Промивають хлороформом та висушують на повітрі або у витяжній шафі.

Розчин аміаку очищають методом ізотермічної перегонки. На дно ексикатора помішають декілька шматочків гідроксиду калію або натрію доливають 500 см^3 водного аміаку, а на фарфоровій сітці встановлюють випарювальну чашку з 250 см^3 бідистильованої води. Ексикатор закривають кришкою і залишають на 5 діб. У чашці одержують очищений розчин аміаку концентрацією від 130 до 150 г/дм^3 . Концентрація аміаку в розчині уточнюється на основі зміряних ареометром показників густини.

Для проведення аналізу необхідно приготувати фонові електроліти та стандартні розчини свинцю, міді, кадмію та цинку.

Фоновий електроліт А — 1 М розчин амоній хлориду і 1 М розчин аміаку. Для приготування розчину $53,49 \text{ г}$ амоній хлориду розчиняють в невеликому об'ємі бідистильованої води і переносять в мірну колбу місткістю 1000 см^3 . В колбу додають водний розчин аміаку в такому об'ємі, який містить 17 г аміаку. Об'єм в колбі доводять до мітки бідистильованою водою. Використовують при аналізі м'яса, м'ясопродуктів, м'яса птиці, яєць та продуктів їх переробки, молочних продуктів, желатину, м'ясо-рослинних і плодоовочевих консервів, пива.

Фоновий електроліт Б - 1,3 М розчин фосфатної кислоти і 0,7 М розчин хлоридної кислоти. Для приготування розчину в мірній колбі місткістю 1000 см^3 змішують кислоти і воду в співвідношенні 3:2:5 відповідно.

Використовують при аналізі м'яса, молочних продуктів, желатину, м'ясо-рослинних і плодоовочевих консервів, свіжих плодів та овочів.

Фоновий електроліт В - 0,4 М розчин соляної кислоти. Відміряють циліндром 33 см³ соляної кислоти густиною 1,19 г/см³ в мірну колбу місткістю 1000 см³ і доводять бідистильованою водою до мітки. Використовують при аналізі зерна та продуктів його переробки, хліба, хлібобулочних та кондитерських виробів. Вихідною речовиною для приготування основного розчину цинку є гранульований цинк, 1 1,000 г якого розчиняють в 7 см³ розбавленої (1:1) хлоридної кислоти, кількісно переносять в мірну колбу місткістю 1000 см³, доводять об'єм розчину до мітки бідистильованою водою. Концентрація цинку в основному розчині рівна 1 мг/см³.

Для приготування стандартного розчину кадмію 1,00 г металічного кадмію поміщають в конічну колбу місткістю 250 см³ і розчиняють при нагріванні на електроплитці в 25 см³ розбавленої (1:1) нітратної кислоти. Розчин випарюють на електроплитці з слабким нагрівом до об'єму 3 см³, доливають 15 см³ хлоридної кислоти густиною 1,19 г/см³ і знов випарюють до попереднього об'єму. Випарювання проводять ще два рази. Кожен раз додають по 5 см³ хлоридної кислоти. Після охолодження додають 50 см³ хлоридної кислоти густиною 1,19 г/см³ і кількісно переносять розчин в мірну колбу 1000 см³ та доводять до риски бідистильованою водою. Концентрація кадмію в розчині дорівнює 1 г/см³.

Для приготування стандартного розчину міді сульфат міді двічі перекристалізують і висушують в ексікаторі до постійної маси. Потім 3,629 г сульфату міді розчиняють в воді, переносять в мірну колбу місткістю 1000 см³, додають 1 см³ сульфатної кислоти густиною 1,84 г/см³ і доводять об'єм до мітки водою. Концентрація міді в розчині дорівнює 1 г/см³.

Стандартний розчин свинцю готують таким чином. Нітрат свинцю перекристалізують і висушують при температурі 104±1°C до постійної маси. 1,599 г сухої солі розчиняють в невеликому об'ємі бідистильованої води і кількісно переносять в мірну колбу місткістю 1000 см³. В колбу додають 5см³

нітратної кислоти густиною $1,40 \text{ г/см}^3$ і доводять об'єм до мітки бідистильованою водою. Концентрація свинцю в розчині дорівнює 1 г/см^3 .

Робочі стандартні розчини необхідної концентрації готують в день проведення аналізу послідовним розбавленням стандартного розчину металу в 10, 100 і 1000 разів бідистильованою водою або фоновим електролітом.

В якості досліджуваних розчинів свинцю, міді, кадмію та цинку використовується мінералізат, який одержано в результаті мокрої мінералізації або розчин, приготовлений після сухої мінералізації.

4.4.4 Проведення аналізу

Вимірювання проводять на полярографі в режимі змінного струму з ртутно-крапельним електродом в електролізері місткістю 5 см^3 .

Концентрація міді у досліджуваному розчині повинна бути від 0,2 до 3 мкг/см^3 , а цинку - від 0,2 до 10 мкг/см^3 . У разі вищої концентрації проводять його додаткове розведення фоновим електролітом. Для визначення цинку використовують фоновий електроліти А та В, а для інших металів – Б і В.

Полярограму записують при напрузі: від -0,1 до -0,5 В – для міді; від -0,4 до -0,8 В – для свинцю; від -0,6 до -1,0 В – для кадмію; від -1,0 до -1,4 В – для цинку по відношенню до ртуті.

У дві конічні колби місткістю 25 см^3 переносять по 8 см^3 досліджуваного розчину, 1 см^3 розчину сульфату натрію. В першу колбу додають 1 см^3 бідистильованої води. Розчин відразу переносять в електролізер, полярографують і вимірюють висоту полярографічної хвилі.

В другу колбу вносять добавку – стандартний розчин металу, в такій кількості, щоб висота хвилі на полярограмі збільшилась вдвічі у порівнянні з попередньою. Добавку потрібно вносити малими порціями (не більше 1 см^3), щоб не допустити зміни концентрації фонового електроліту. Потім в колбу додають бідистильовану воду в об'ємі, який необхідний для доведення його до 10 см^3 . Далі проводять вимірювання як і в розчині без добавки. Висоту хвилі вимірюють на полярограмах за допомогою лінійки з точністю до 1 мм.

4.4.5 Розрахунок вмісту важких металів в продуктах харчування

Масову частку металу обчислюють за формулою:

$$X = \frac{m_1 \cdot H_1 \cdot V_0 \cdot B}{(H_2 - H_1) \cdot V \cdot m}, \quad (4.1)$$

де: X – масова частка металу, мг/кг;

m_1 – маса металу, доданого перед другим полярографуванням, мкг;

H_1 — висота хвилі, отримана при першому полярографуванні, мм;

H_2 — висота хвилі, отримана при другому полярографуванні, мм;

m — маса наважки продукту, взятого для мінералізації, г;

V_0 — загальний об'єм мінералізату, см³;

V — об'єм досліджуваному розчину, взятого для полярографування, см³;

B — кратність додаткового розведення при великій концентрації металу у досліджуваному розчині. Для аналізу були відібрані проби продуктів харчування, які є невід'ємною частиною харчового раціону (табл. 4.3). Картопля відноситься до найважливіших продуктів харчування і дуже широко використовується українцями. До основних продуктів харчування відносять вироби з зерна, молочні продукти та овочі та фрукти багаті на вітаміни.

Таблиця 4.3 – Продовольча сировина та продукти харчування, в яких проводилось визначення вмісту важких металів

№ проби	Вид продукту	Місце вирощування
1	Картопля	Сабарів, м. Вінниця
2	Картопля	Вишенька, м. Вінниця
3	Картопля	центральна частина міста
4	Картопля	район залізничного вокзалу, м. Вінниця
5	Картопля	вул. Чехова, м. Вінниця
6	Картопля	Тяжилів, м. Вінниця
7	Молоко	Придбане на ринку «Урожай»
8	Круп'яні вироби	Придбані на ринку «Привокзальний»
9	Помідори	с. Іванівка Вінницького району
10	Ягоди	с. Зарванці Вінницького району

Експериментальні дані, отримані при полярографуванні досліджуваних розчинів наведено в таблицях 4.4 – 4.7.

Таблиця 4.4 - Вихідні дані для розрахунку вмісту свинцю

№ проби	1	2	3	4	5	6
m, мкг	25	25	25	25	25	25
V ₀ , см ³	15	15	15	15	15	15
V ₁ , см ³	8	8	8	8	8	8
m ₁ , мкг	0,74	1,04	1,25	1,60	2,40	3,20
H ₁ , мм	18	25	30	38	57	77
H ₂ , мм	34	50	60	76	114	154

Таблиця 4.5 - Вихідні дані для розрахунку вмісту міді

№ проби	1	2	3	4	5	6
m, мкг	25	25	25	25	25	25
V ₀ , см ³	15	15	15	15	15	15
V ₁ , см ³	8	8	8	8	8	8
m ₁ , мкг	0,16	2,00	2,26	2,53	2,93	4,80
H ₁ , мм	5	26	29	33	38	62
H ₂ , мм	10	52	58	66	76	124

Таблиця 4.6 - Вихідні дані для розрахунку вмісту кадмію

№ проби	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m, мкг	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
V ₀ , см ³	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
V ₁ , см ³	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
m ₁ , мкг	0,024	0,034	0,041	0,044	0,056	0,062	0,12	0,24	0,0045	0,0072
H ₁ , мм	21	30	36	38	49	54	70	140	8	12
H ₂ , мм	42	60	72	76	98	108	140	280	16	24

Таблиця 4.7 - Вихідні дані для розрахунку вмісту цинку

№ проби	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m, мкг	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
V ₀ , см ³	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
V ₁ , см ³	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
m ₁ , мкг	12,6	16,8	22,0	24,4	38,5	44,1	54,6	152,0	96,0	122
H ₁ , мм	32	42	55	61	97	111	75	208	132	167
H ₂ , мм	64	84	110	122	197	222	150	416	264	334

За формулою 4.1 розраховано масову частку свинцю, міді, кадмію та цинку в проаналізованих продуктах харчування. В молоці, круп'яних виробих, помідорах та ягодах було визначено вміст лише двох металів цинку та кадмію (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 – Вміст важких металів в продуктах харчування

Продукт харчування	Zn		Cd	
	Вміст, мг/кг	ГДК, мг/кг	Вміст, мг/кг	ГДК, мг/кг
Молоко	4,1	5,0	0,009	0,03
Круп'яні вироби	11,4	50	0,018	0,1
Помідори	7,25	10,0	0,00034	0,03
Ягоди	9,15	10,0	0,00054	0,03

З таблиці 4.8 видно, що вміст важких металів у продуктах харчування та продовольчій сировині не перевищує ГДК, встановлених для цих продуктів. Вміст кадмію відносно малий, а отже не може становити загрози для здоров'я при вживанні даних продуктів. Вміст цинку менший за ГДК, але повністю достатній для забезпечення організму цинком. В картоплі, що вирощувалася на території м. Вінниці, було визначено чотири метали: свинець, мідь, кадмій та цинк, вміст яких наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Вміст важких металів в картоплі, мкг/кг

№ проби	Масова частка металу			
	Pb	Cu	Cd	Zn
1	0,056	0,012	0,0018	0,95
2	0,078	0,15	0,0026	1,26
3	0,094	0,17	0,0031	1,65
4	0,12	0,19	0,0033	1,83
5	0,18	0,22	0,0042	2,69
6	0,24	0,36	0,0047	3,31

4.4.6 Статистична обробка результатів

Була проведена статистична обробка даних про вміст важких металів в картоплі, що вирощується на території м. Вінниця, встановлено мінімальну та

максимальну концентрації, варіаційний розмах та інші статистичні характеристики.

Середній вміст важких металів визначається за формулою:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (4.2)$$

де \bar{X} – середній вміст важких металів, мкг/кг;

X_i – вміст металу в кожній окремій пробі, мкг/кг;

n – кількість проб.

Розраховані за формулою 4.2 значення середнього вмісту важких металів наведено в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 - Середній вміст важких металів, мкг/кг

Статистична характеристика	Середній вміст важких металів			
	Pb	Cu	Cd	Zn
\bar{X}	0,128	0,170	0,0032	1,980

Мінімальний та максимальний вміст важких металів в картоплі та варіаційний розмах зміни їх концентрації наведено в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 - Мінімальний та максимальний вміст важких металів, мкг/кг

Статистична характеристика	Середній вміст важких металів			
	Pb	Cu	Cd	Zn
X_{\max}	0,056	0,012	0,0018	0,95
X_{\min}	0,240	0,360	0,0047	3,31
$X_{\max} - X_{\min}$	0,184	0,348	0,0029	2,36

Дисперсія визначається за формулою:

$$D = \frac{\sum_i^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}, \quad (4.3)$$

де D – дисперсія.

Розраховані значення дисперсії вмісту важких металів в картоплі, що вирощується та території м. Вінниця наведено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 - Розраховані значення дисперсії

Статистична характеристика	Значення дисперсії			
	Pb	Cu	Cd	Zn
D	0,0048	0,014	0,00054	0,861

За результатами статистичної обробки можна зробити висновок, що вміст важких металів в картоплі, що вирощується на території м. Вінниця знаходиться в межах від 0,056 до 0,24 мг/кг – для свинцю; 0,012 – 0,36 мг/кг – для міді; 0,0018 – 0,0047 мг/кг – для кадмію; 0,95 – 3,31 мг/кг – для цинку.

Середній вміст важких металів складає: свинцю – 0,128 мг/кг; міді – 0,17 мг/кг; кадмію – 0,0032 мг/кг; цинку – 1,98 мг/кг.

Для картоплі гранично допустима концентрація металів складає 1,0; 5,0; 0,03; 10,0 мкг/кг для свинцю, міді, кадмію та цинку відповідно. Отже, картопля, вирощена на території м. Вінниці, містить визначені метали у концентраціях, що не перевищують гранично допустимі. Найменший вміст важких металів у картоплі з району Сабарова, а найбільший – з масиву Тяжилів. Це можна пояснити дією антропогенного чинника – на Тяжиліві розміщено ряд промислових підприємств, автовокзал.

Отже, всі досліджені продукти харчування є безпечними і придатними до споживання за визначеними показниками.

4.5 Прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування

Вміст важких металів в продуктах харчування залежить від їх вмісту в навколишньому середовищі. Для того, щоб отримати інформацію про забруднення продуктів харчування важкими металами та їх сполуками потрібно знати закономірності поширення цих речовин в навколишньому середовищі. Далі за допомогою математичного моделювання і кореляційного аналізу можна оцінити вміст важких металів в продуктах харчування в залежності від їх вмісту в навколишньому середовищі та відстані від джерела забруднення.

Найбільше впливає на концентрацію важких металів в продуктах харчування їх вміст в ґрунтах.

4.5.1 Кореляційний аналіз вмісту важких металів в продуктах харчування від їх вмісту в ґрунті

Сутність кореляційного аналізу полягає у встановленні залежності між двома величинами. За його допомогою знаходимо взаємозв'язок між вмістом важких металів в продуктах харчування рослинного походження та їх вмістом в ґрунтах, на яких вони вирощуються.

Вихідними даними для кореляційного аналізу є величини вмісту важких металів в картоплі (табл. 4.9) та ґрунтах, на яких вона вирощувалася. Проби ґрунту, відібрані в шести районах міста Вінниці, вміст важких металів в яких характеризує рівень забруднення кожного з цих районів за вмістом важких металів. Для проведення кореляційного аналізу використано дані лабораторії Вінницької санітарно-епідеміологічної станції про вміст важких металів в ґрунтах (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 – Вміст важких металів в ґрунтах, мг/кг

Місце відбору проби	Вміст важких металів			
	Pb	Cu	Cd	Zn
Сабарів	0,9	0,16	0,025	1,82
Вишенька	3,8	0,35	0,031	3,30
центральна частина міста	4,6	0,64	0,038	3,53
район залізничного вокзалу	5,4	1,08	0,046	3,70
вул. Чехова	6,0	2,36	0,057	5,60
Тяжилів	7,3	2,72	0,096	6,40

Для встановлення залежності між вмістом важких металів в продуктах харчування та ґрунтах потрібно виконати в програмному середовищі Microsoft Excel наступні дії:

- провести оцінку основних статистичних характеристик параметрів випадкових значень вмісту важких металів в картоплі та ґрунтах (математичне очікування, незміщена дисперсія та середньоквадратичне відхилення);
- обчислити лінійний коефіцієнт кореляції r вмісту важких металів в ґрунтах з їх вмістом в продуктах харчування;
- в залежності від отриманого значення коефіцієнта кореляції r зробити висновок про характер кореляції. Основні статистичні характеристики розраховуються за формулами 4.4 - 4.6.

Математичне очікування:

$$\Delta x = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (4.4)$$

де: x_i – значення вмісту важких металів;

n – кількість значень;

Δx – математичне очікування.

Незміщена дисперсія:

$$D = \frac{\sum_i^n (x_i - \Delta x)^2}{n - 1}; \quad (4.5)$$

Середнє квадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{D}; \quad (4.6)$$

Розраховані значення основних статистичних характеристик для заданих наборів значень наведено в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 - Розраховані значення основних статистичних характеристик

Статистична характеристика	Значення характеристик							
	Pb		Cu		Cd		Zn	
	ґрунт	картопля	ґрунт	картопля	ґрунт	картопля	ґрунт	картопля
\bar{x}, \bar{y}	4,670	0,1280	1,218	0,170	0,0490	0,0032	4,060	1,980
D	4,260	0,0048	1,155	0,014	0,0066	0,00054	2,710	0,861
δ	2,064	0,0690	1,075	0,020	0,0810	0,0023	1,648	0,929

Коефіцієнт кореляції розраховується за формулою:

$$r = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\delta x \cdot \delta y}, \quad (4.7)$$

де r – коефіцієнт кореляції;

\bar{x} і \bar{y} – середні значення вмісту важких металів в ґрунтах та продуктах харчування відповідно;

δx та δy – середнє квадратичне відхилення вмісту важких металів в ґрунтах та продуктах харчування відповідно.

Результати розрахунків коефіцієнтів кореляції вмісту важких металів в ґрунтах та продуктах харчування, виконані в програмному середовищі Microsoft Excel наведено в таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 – Значення коефіцієнтів кореляції вмісту важких металів в ґрунтах з їх вмістом в продуктах харчування

Назва металу	Значення коефіцієнтів кореляції
Свинець	0,883
Мідь	0,892
Кадмій	0,914
Цинк	0,983

За результатами кореляційного аналізу можна зробити висновок, що вміст важких металів в продуктах харчування на території міста Вінниця суттєво залежить від їх вмісту в ґрунтах, на яких вони вирощуються. Найтіснішим є зв'язок між вмістом цинку в ґрунтах та картоплі, на що вказує значення коефіцієнта кореляції, який майже дорівнює 1. Динаміку вмісту цинку в продуктах рослинного походження в залежності від його вмісту в ґрунтах наведено в додатку В.

4.5.2 Прогнозування вмісту свинцю в продуктах харчування

Прогнозування здійснено для одного з визначених металів – свинцю. Вихідні дані для прогнозування наведено в таблицях 4.9 та 4.13. Прогнозування проводимо в програмному середовищі Microsoft Excel та Mathcad [10-15].

Дані спостереження за зміною вмісту важких металів в картоплі та ґрунтах мають стохастичну природу, але в них є чітко виражений тренд. Ідентифікуємо його модель поліноміальним рівнянням n-го порядку, а також експоненціальною, логарифмічною та степеневою залежностями.

Для екстраполяції необхідно для заданого набору даних розв'язати задачу апроксимації. Ідентифікація параметрів та структури математичної залежності, яка описує заданий набір точок, проводиться наступним чином:

- будується графік залежності вмісту важких металів в картоплі (y_i) від їх вмісту в ґрунтах (x_i) (рис. 4.1);

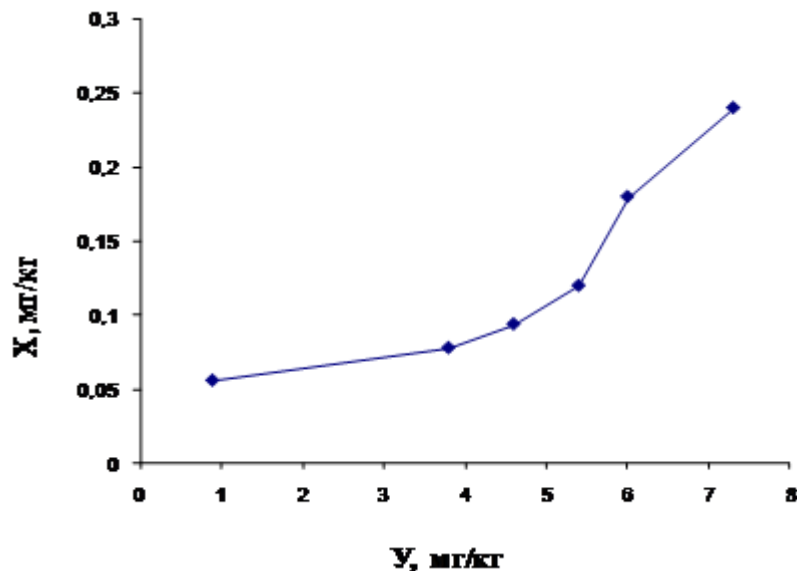


Рисунок 4.1 – Графік залежності вмісту свинцю в картоплі від його вмісту в ґрунтах

- визначається тип математичної залежності $y(x)$, якою можна описати криву графіку. Апроксимацію здійснюємо кривою першого порядку – лінійна залежність типу $y(x) = k \cdot x + b$, нелінійними поліноміальними залежностями – кривою другого (типу $y(x) = a \cdot x^2 + k \cdot x + b$) та третього (типу $y(x) = c \cdot x^3 + a \cdot x^2 + k \cdot x + b$) порядку, а також експоненціальною, логарифмічною та степеневою залежностями;

- здійснюється ідентифікація параметрів усіх вибраних математичних залежностей;

- знаходяться значення коефіцієнтів регресійних залежностей, що описують заданий набір даних (табл. 4.16).

Розрахунок значень коефіцієнтів проводиться в середовищі Microsoft Excel.

Таблиця 4.16 - Значення коефіцієнтів різних типів залежності

Рівняння кривої	Значення коефіцієнтів
$y(x)=k \cdot x+b$	$k = 0,0202; b = 0,0218$
$y(x)=a \cdot x^2+k \cdot x+b$	$a = 0,0081; k = -0,0339; b = 0,0811$
$y(x)=c \cdot x^3 +a \cdot x^2 +k \cdot x+b$	$c = 0,0046; a = -0,0417$ $k = 0,1191; b = -0,0208$
$y = a \cdot \log_{(x)}+b$	$a = 0,045; b = 0,0495$
$y = a \cdot x^b$	$a = 0,0539; b = 0,4763$
$y = a \cdot e^{b \cdot x}$	$a = 0,0417; b = 0,2052$

Здійснивши апроксимацію поліномом 1-го, 2-го, 3-го степеня та логарифмічною, степеневою та експоненціальною залежностями ми отримали прогнозовані значення концентрації на наступний місяць (табл. 4.17).

Таблиця 4.17 - Прогнозовані значення вмісту свинцю в картоплі з використанням різних математичних залежностей

Вміст свинцю в ґрунті, мг/кг	Спрогнозоване значення вмісту свинцю в картоплі,мг/кг					
	Вид залежності					
	$y(x)=k \cdot x+b$	$y(x)=a \cdot x^2+k \cdot x+b$	$y(x)=c \cdot x^3 +a \cdot x^2+k \cdot x+b$	$y(x)=a \cdot \log_{(x)}+b$	$y(x) = a \cdot x^b$	$y(x) = a \cdot e^{b \cdot x}$
7,3	0,19	0,235	0,241	0,145	0,15	0,23

Графіки прогнозу значення вмісту свинцю в картоплі з використанням різних математичних залежностей наведено в додатку Е.

4.5.3 Визначення похибок прогнозу

Для того, щоб обрати для прогнозу математичну модель, рівняння якої якнайкраще описує процеси, що відбуваються в системі та прогнозування за

якою буде найбільш вдалим, потрібно визначити похибки математичних моделей по відношенню до експериментальних даних.

Для цього визначаються відносні похибки для усіх математичних залежностей з ідентифікованими на попередньому етапі параметрами, за формулою:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^N |y_i - f(x_i)|}{\sum_{i=1}^N |f(x_i)|} \cdot 100\%; \quad (4.8)$$

де y_i - задане значення змінної;

$f(x_i)$ - дійсне значення змінної.

Проводиться ідентифікація структури математичної залежності - із ідентифікованих залежностей вибирається така, яка має найменшу похибку, знайдену на попередньому етапі (табл. 4.18).

Таблиця 4.18 — Відносні похибки математичних залежностей різного типу

Рівняння залежності	Відносна похибка, %
$y(x)=k \cdot x+b$	28,6
$y(x)=a \cdot x^2+k \cdot x+b$	4,41
$y(x)=c \cdot x^3 +a \cdot x^2 +k \cdot x+b$	0,73
$y = a \cdot \log_{(x)}+b$	46,5
$y = a \cdot x^b$	29,9
$y = a \cdot e^{b \cdot x}$	46,63

Отже, для прогнозування вмісту свинцю в картоплі оптимальною моделлю є поліноміальне рівняння 3-го степеня, оскільки воно має найменшу похибку і дає найбільш точні результати прогнозування, що добре видно з графіка прогнозу на рисунку 4.2.

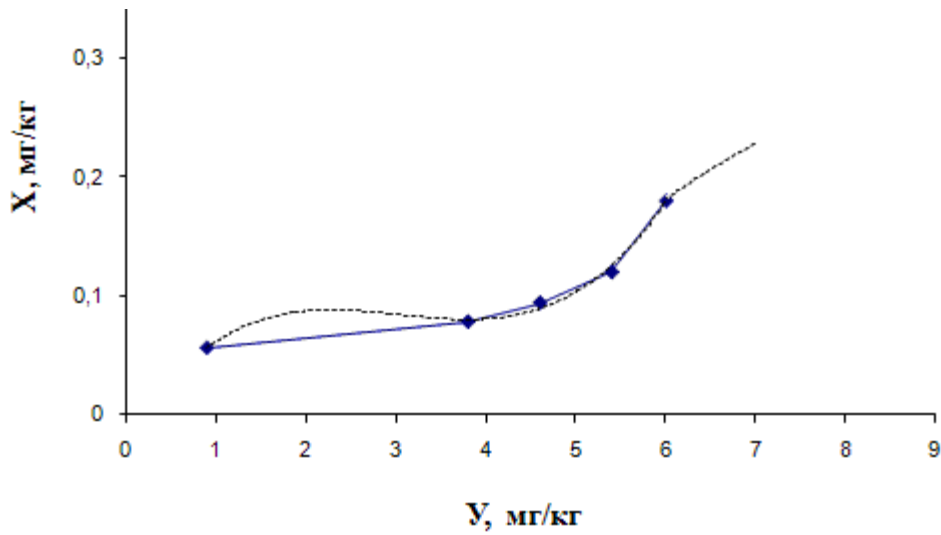


Рисунок 4.2 – Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі в залежності від його вмісту в ґрунті

Спрогнозоване значення вмісту свинцю в картоплі, що вирощувалася на ґрунті з вмістом свинцю 7,3 мкг/кг, дорівнює 2,41 мкг/кг, а визначене за допомогою лабораторних досліджень – 2,4 мкг/кг. Отже, обрана регресійна залежність оптимально підходить для прогнозування вмісту свинцю для заданого набору значень.

5 ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ І ПРОПОЗИЦІЇ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

5.1 Основні напрямки охорони навколишнього природного середовища від забруднення підприємствами харчової промисловості

Із розглянутих аспектів охорони природи витікають основні напрямки робіт із захисту навколишнього природного середовища на підприємствах м'ясної та молочної промисловості. Заходи із захисту довкілля для підприємств, що знаходяться на стадії проектування а також для працюючих підприємств містять комплекс захисних заходів, які визначаються системою державних законодавчих актів.

У відповідності із законодавчо-нормативними документами комплекс захисних заходів для попередження забруднення біосфери викидами підприємств харчової промисловості складається із наступних дій:

а) розробка та застосування в промисловості маловідходних та безвідходних технологічних процесів, машин та обладнання, які забезпечують раціональне використання матеріальних та сировинних ресурсів, зниження норм використання сировини, утилізація відходів;

б) розробка, випуск та застосування серійного газоочисного та пиловловлюючого обладнання для захисту повітряного басейну від викиду шкідливих речовин;

в) широке застосування оборотного та повторного водопостачання; в перспективі створення безстічних технологічних процесів;

г) оснащення діючих промислових підприємств ефективними системами очистки стічних вод;

д) розробка засобів контролю та автоматизації споруд з очистки стічних вод та установок пилогазоочистки з цілю підвищення їх ефективності та зниження експлуатаційних витрат на очистку.

На підприємствах м'ясної та молочної промисловості широко використовують різноманітні заходи по охороні природи: оснащення підприємств установками для очищення повітря, зниження кількості використання води, побудова та реконструкція очисних споруд на багатьох діючих підприємствах промисловості, введення в експлуатацію потужностей з очистки стічних вод на нових побудованих підприємствах.

Методи, які використовуються в галузі для захисту біосфери від забруднення можна поділити на захисні (пасивні) методи і активні (технічні і технологічні) методи.

До захисних відносяться такі методи, які безпосередньо не впливають на джерело забруднення, а направлені на зниження впливу забруднювачів за наступними напрямками:

- раціональне розміщення джерел забруднення (підприємницьких комплексів, підприємств, цехів) відносно житлових масивів та один від одного;
- роззосередження викидів (екранування, глушіння, ізоляція, герметизація та інше);
- очистка викидів і скидів перед потраплянням у біосферу.

Група активних методів передбачає суттєве зниження та ліквідацію забруднюючих речовин в місцях їх утворення в результаті удосконалення та розробки обладнання та технологічних процесів за принципом маловідходної та безвідходної технологій [9,18].

На підприємствах галузі утворюється значна кількість технологічних відходів (кістки, щетина, пух, рога, пір'я, пахта, сироватка) за різними причинами. Збір та утилізація промислових відходів економічно вигідна процедура, так як при цьому виходить цінна продукція (білково – вуглеводні концентрати, технічний альбумін, замінники цільного молока), а також різке зниження можливості водоймищ та ґрунтів.

Утворення відходів і викидів в технологічних процесах викликано цілим рядом причин. Основні джерела та причини потрапляння забруднюючих речовин в біосферу ґрунтовані в недосконалості технології або технічного

обладнання, довготривалої експлуатації без профілактичних оглядів та ремонту, недотримання технологічного регламенту і необережна експлуатація обладнання, зміна умов підготовки сировини або якості сировини, виготовлення нової продукції без необхідної реконструкції старого обладнання, недостатньої механізації і автоматизації промислових процесів, періодичності технологічного процесу, невідповідності обладнання умовам фізико – хімічним процесам, що відбуваються тощо [8].

Аналізуючи вказані причини можна зробити висновок, що одні з них легко усунути (наприклад, суворе виконання технологічного регламенту можливо досягнути шляхом навчання апаратників і введення систем автоматичного виконання процесу), інші, навпаки, потребують тривалих досліджень і великих фінансових витрат (наприклад удосконалення або розробка безвідходної технології).

Одним із напрямків робіт із захисту навколишнього середовища є розробка науково обґрунтованих норм допустимих викидів різноманітних речовин в атмосферу та водоймища підприємствами харчової галузі (гранично допустимих викидів і гранично допустимих скидів), які безпосередньо пов'язані з питаннями взаємодії підприємств галузі на біосфері, плануванням витрат на побудову очисних споруд, тощо.

Для підприємств м'ясної та молочної промисловості важливим напрямком є захист сировини і харчової продукції від небезпеки забруднення різноманітними хімічними речовинами, які використовуються, як в сільському господарстві так і в процесі промислового виробництва. Так газові речовини можуть потрапляти до харчових продуктів в результаті сорбційних властивостей безпосередньо при їх виробництві, зберіганні і транспортуванні (процеси копчення, екстрагування тощо) [10].

В багатьох країнах забруднення прісних вод стало значним в результаті інтенсивного розвитку промисловості і росту населення.

Заходи по охороні водоймищ від забруднення можна поділити на технологічні та технічні.

До технологічних заходів можна віднести скорочення витрат свіжої води та технологічні потреби, організацію безстічних виробництв а також знаходження можливості зниження концентрації забруднення в стічних водах, особливо хімічними та миючими речовинами.

Методи та ступінь очистки стічних вод повинні визначатися від місцевих умов з урахуванням можливого використання очищених стічних вод для промислових та господарських потреб.

Стічні води підприємств м'ясної та молочної промисловості підлягають, як правило, механічній та біологічній (біохімічній) обробці. Рідше використовують фізико-хімічний спосіб очистки стічних вод. При механічній очистці із стічних вод видаляють нерозчинні осідаючі, зважені і спливаючі забруднення (пісок, бите скло, кістки, пух, пір'я, жир).

Механічну очистку стічних вод можна застосовувати як самостійний або попередній спосіб, який передує хімічній або біологічній очистці. Для механічної очистки стічних вод використовують решітки, гумусовловлювачі, пісколовки, бензомасловловлювачі, жировловлювачі, відстійники, дизенфектори. Для обробки осаду, який є у відстійниках використовують перегнійники та донні площі [6].

В процесі біологічної очистки стічні води очищують від органічних домішок, які знаходяться у зваженому розчиненому і колоїдному стані.

Біологічний метод очистки заснований на здатності різноманітних мікроорганізмів використовувати для свого розвитку білки, вуглеводи, спирти, органічні кислоти, які містяться в стічних водах. При цьому в результаті так званого аеробного біохімічного процесу органічні забруднення інтенсивно окислюються, мінералізуються, випадають в осад і утворюється прозора не загниваюча рідина, яка містить розчинений кисень та придатна для скиду у відкриті водоймища [6].

За останні роки у практиці очистки стічних вод підприємства м'ясної та молочної промисловості все більше місце займають фізико-хімічні методи, вчасності зворотній осмос, ультрафільтрація і флотація.

Позитивні результати досліджень з використання флотації для очистки стічних вод підприємств м'ясної промисловості від жиру дозволили розробити і запустити у виробництво різноманітні результати експериментальних флотаційних установок.

Технічні заходи передбачають очистку стічних вод перед викидом їх у водоймища, а також використання систем зворотного та повторного водопостачання промислових підприємств.

Важливими технічними заходами по скороченню об'єму скиду у водоймища стічних вод підприємств м'ясної та молочної промисловості є зворотне та повторне використання води для технологічних, допоміжних та побутових потреб. На сучасних підприємствах промисловості використання води в обороті може сягати 40 – 80 % від загального використання свіжої води.

В даний час ще має можливість організувати на підприємствах галузі повної безстічної системи використання води. Однак можна виділити деякі технологічні процеси або апарати, які слід повністю переводити на оборотне водопостачання. Їх можна поділити на три основні групи:

- оборотні системи компресорних установок;
- оборотні системи вакуумно-випарних установок;
- оборотні системи охолодження теплообмінних апаратів льодяною водою.

До важливих заходів захисту атмосфери від впливу підприємств харчової промисловості також можна віднести й озеленення території [10].

5.2 Рекомендації щодо забезпечення якості та екологічної чистоти продуктів харчування

Для отримання високоякісних та екологічно чистих продуктів харчування, з вмістом важких металів, який би не перевищував встановлені ГДК, потрібно керуватися наступними рекомендаціями:

- проводити вирощування рослинницької продукції на екологічно чистих і незабруднених територіях;

- для відгодівлі тварин використовувати корми незабруднені важкими металами;
- обмежити використання мінеральних добрив та пестицидних препаратів;
- зменшувати надходження важких металів та їх сполук з повітря, води та ґрунтів шляхом встановлення очисного обладнання на підприємствах, що їх викидають та впровадження екологічно-чистих виробництв;
- встановити регулярний контроль за вмістом забруднюючих речовин в продовольчій сировині та продуктах харчування.

6 ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ ПОСИЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Підприємства харчової галузі є платниками екологічного податку, який справляється за такі види порушення природного середовища:

- забруднення атмосфери спричинене стаціонарними джерелами, до яких відносяться всі об'єкти, задіяні в технологічних процесах на підприємствах, при експлуатації яких шкідливі компоненти попадають в атмосферу;
- забруднення водних об'єктів;
- утворення, розміщення та тимчасове зберігання шкідливих відходів виробництва.

6.1 Обчислення економічного збитку від забруднення атмосфери

Забруднення атмосфери шкідливими викидами промислового підприємства негативно діє на реципієнти – об'єкти забруднення, яке проявляється головним чином, в підвищенні захворюваності людей, пониженню продуктивності природних ресурсів, прискоренню зносу основних фондів. Тому забруднення атмосферного повітря приводить до виникнення затрат, викликаних дією на реципієнти забрудненої атмосфери.

Затрати, викликані забрудненою атмосферою на реципієнти, визначаються витратами на компенсацію негативних наслідків дії забруднення на людей і різні об'єкти, визначаються як сума приведених затрат на:

- медичне обслуговування і утримання населення, захворівшого в наслідок забруднення атмосферного повітря;
- компенсацію втрат чистої продукції із-за зниження продуктивності праці, а також дії забрудненої атмосфери на населення;
- додаткові послуги комунально-побутового господарства;
- компенсацію втрат промислової продукції із-за дії забрудненого атмосферного повітря на основні фонди.

Суми збору, який справляється за викиди стаціонарними джерелами забруднення (Π_{BC}), обчислюються платниками самостійно щокварталу наростаючим підсумком з початку виходячи з фактичних обсягів викидів, нормативів збору та коригувальних коефіцієнтів, наведених у таблицях 6.2-6.3, і визначаються за формулою (6.1):

$$\Pi_{BC} = \sum_{i=1}^n (M_i \cdot Nb_i \cdot K_T), \quad (6.1)$$

де M_i – обсяг викиду i -тої забруднюючої речовини в тоннах (т);

Nb_i – норматив збору за тону i -тої забруднюючої речовини, у гривнях (грн/т);

K_T – коефіцієнт, що враховує територіальні, екологічні та соціально-економічні особливості і визначається за формулою:

$$K_T = K_{нас} \cdot K_{ф}, \quad (6.2)$$

де $K_{нас}$ – коефіцієнт, що залежить від чисельності населення міста і дорівнює 1 (населення м. Шаргород 10 тисяч чоловік), таблиця 6.2;

$K_{ф}$ – коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення міста, дорівнює 1 (табл. 6.3).

Розрахунок наведений в таблиці 6.1.

Таблиця – 6.1 Результати розрахунку економічного збитку

Назва речовини	Питомий збиток, грн/рік	Валовий викид, (М) т/рік		Економічний збиток, грн/рік	
		до заходів	після заходів	до заходів	після заходів
1. Вуглець оксид	13	0,063	0,032	0,82	0,39
2. Азоту діоксид	3	0,382	0,252	4,19	3,27
3. Метан	3	0,004	0,004	0,06	0,06
4. Діоксид вуглицю	3	235,50	135,50	3061,5	1761,5
5. Діоксид азоту	3	0,0004	0,0004	0,05	0,05
7. Аміак	87	0,047	0,025	0,61	0,42
8. Пил казеїну	13	0,019	0,019	2,47	2,47
9. Оксид заліза	13	0,00007	0,00007	0,009	0,009
10. Оксид марганцю	13	0,0001	0,0001	0,05	0,05
11. Бензин	3	0,649	0,31	1,95	1,06
12. Насичені вуглеводні	87	0,000002	0,000002	0,03	0,03
13. Пил деревини	2	0,004	0,004	0,008	0,008
Усього		236,66	136,54	3071,85	1770,89

Збиток, що наноситься навколишньому середовищу викидами забруднюючих речовин, складає 3071,85 грн/рік. Після встановлення пилогазоочисного обладнання збиток становитиме 1770,89 грн/рік.

Таблиця 6.2 – Коефіцієнт, що залежить від чисельності жителів населеного пункту

Чисельність населення, тис чоловік	Коефіцієнт
До 100	1
100,1-250	1,2
250,1-500	1,35
500,1-1000	1,55
понад 1000	1,8

Таблиця 6.3 – Коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту

Тип населеного пункту	Коефіцієнт
Організаційно-господарські та культурно-побутові центри місцевого значення з перевагою аграрно-промислових функцій (районні центри, міста районного значення селища та села)	1
Багатофункціональні центри, центри з перевагою промислових і транспортних функцій (обласні центри, міста обласного значення)	1,25
Центри з перевагою рекреаційних функцій	1,65

Таблиця 6.4 – Нормативи збору за забруднення атмосферного повітря

Назва забруднюючої речовини	Норматив збору, грн/т	Назва забруднюючої речовини	Норматив збору, грн/т
Азоту оксиди	80	Нікель та його сполуки	3225
Аміак	15	Озон	80
Ангідрид сірчистий	80	Ртуть та його сполуки	3390
Ацетон	30	Свинець та його сполуки	3390
Бенз(а)пірен	101807	Сірководень	257
Бутилацетат	18	Сірковуглець	167
Ванадію п'ятиокис	300	Спирт н-бутиловий	80
Водень хлористий	3	стирол	584
Вуглецю окис	3	фенол	363
Вуглеводні	4,5	формальдегід	198
Газоподібні фтористі сполуки	198	Хром та його сполуки	2147
Тверді речовини	3	Марганець та його сполуки	633
Кадмію сполуки	633		

Даним підприємством здійснюються викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин, які наведені вище і загальна сума економічного збитку заподіяному навколишньому середовищу становить 1770, 89 грн.

6.2 Обчислення розмірів відшкодування збитків за використання водних ресурсів

Збитки для наднормативних скидів визначаються за формулою:

$$Z_{\text{над}} = VT(C_{\text{с.ф.}} - C_{\text{д}})(0.003A_iN) \cdot 0,001 \quad (6.3)$$

де V – витрати зворотних вод, куб.м/год;

T – тривалість наднормативного скиду, годин;

$C_{\text{с.ф.}}$ – середня фактична концентрація забруднюючих речовин у зворотних водах, г/м³;

$C_{\text{д}}$ – дозволена для скиду концентрація забруднюючих речовин, визначена при затвердженні ГДС (ТПС).

0,003 – базова ставка відшкодування збитків, в частках неоподаткованого мінімуму доходів громадян, НМД/кг;

A_i – показник відносної небезпечності речовини, визначається з співвідношення:

$$A_i = \frac{1}{ГДК_i} \quad (6.4)$$

$C_{\text{гдж}}$ - граничнодопустима концентрація цієї речовини згідно з СанПіН № 4630-88 або Узагальненим переліком ГДК шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм.

Уразі скиду речовин, для яких не встановлені рівні ГДК або орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ), показник відносної небезпечності приймається рівним 100, а при ГДК - "відсутність" - 100000. Для завислих речовин показник

відносної небезпечності приймається рівним 0.3, а для підприємств, що експлуатують комунальні системи каналізації, – 0.1.

N - величина неоподаткованого мінімуму доходів громадян в одиницях національної валюти – 17 грн.;

$\&$ - коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта (табл. 6.5);

0,001 - коефіцієнт, що враховує розмірність величин.

Таблиця 6.5 – Значення коефіцієнтів, що враховують категорію водного об'єкта

Категорія водного об'єкта	$\&$
Морські та поверхневі водні об'єкти комунально-побутового водокористування	1,0
Поверхневі водні об'єкти господарсько-питного водокористування	1,4
Поверхневі та морські водні об'єкти рибогосподарського використання:	
II категорія	1,6
I категорія	2,0

Проведемо розрахунки для нашого підприємства на основі наступних даних:

Речовина / ГДК – завислі/20,0;

Витрати зворотних вод, м³/год, $V = 5600$;

Тривалість над нормованого скиду, $T = 5200$;

Середня фактична концентрація забруднюючої речовини, г/м³, $C_{с.ф.} = 3,26$;

Дозволена до скиду концентрація забруднюючих речовин, г/м³, $C_d = 1,67$;

Категорія водного об'єкта – поверхневі водні об'єкти рибогосподарського водокористування I категорії.

Розрахунки:

Показник відносної небезпечності речовини (A_i) приймаємо рівним 0,3.

Збитки для наднормативних скидів визначаємо за формулою (5.3):

$$Z_{над} = 5600 \cdot 5200 \cdot (3,26 - 1,67) \cdot (0,0030,317) \cdot 20,001 = 1417 \text{ грн.}$$

Таким чином, збитки за використання водних ресурсів в даному випадку становлять 1417 грн.

6.3 Економічна оцінка природоохоронних заходів на підприємствах харчової промисловості

Головне питання при оцінці доцільності будь-яких інвестицій полягає у тому, чи виправдають майбутні вигоди сьогоднішні затрати. Інвестиції зазвичай доцільні в тому разі, якщо вони забезпечують дохідність. У випадку інвестування природоохоронних проектів доходи не завжди є очікуваними, оскільки пріоритетність слід надавати екологічній ефективності порівняно з економічною. Проте економічна складова виступає додатковим стимулом до впровадження природоохоронних заходів.

Основними методами, що використовуються при оцінюванні доцільності капіталовкладень є такі [18-20]:

- період окупності;
- чистої теперішньої вартості;
- внутрішньої норми рентабельності;
- еквівалентності річних витрат.

Порівняльна економічна ефективність природоохоронних заходів необхідна для економічного обґрунтування і вибору найкращих варіантів рішень при впровадженні природоохоронної і ресурсозберігаючої техніки.

При виборі із кількох варіантів найкращого рішення показником порівняльної економічної ефективності є мінімум приведених витрат [13-17]:

$$C + E_n \times K \rightarrow \min, \quad (6.4)$$

де: C - поточні річні витрати на обслуговування і утримання фондів природоохоронного значення;

K – капітальні вкладення на впровадження ПОЗ;

E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних вкладень.

Природоохоронні заходи (ПОЗ) здійснюються суб'єктами господарювання з метою забезпечення ефективного використання природних ресурсів та недопущення понаднормативного забруднення навколишнього природного середовища [20].

Визначення загальної ефективності ПОЗ проводиться на всіх стадіях планування та впровадження заходів з охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів.

Загальна ефективність використання ПОЗ визначають внаслідок розрахунків різних видів ефективності: економічної, екологічної та соціальної.

Економічна ефективність ПОЗ визначається шляхом співставлення економічних результатів з витратами, які необхідні для їх здійснення за допомогою показників загальної економічної ефективності [18-20].

Екологічна ефективність визначається шляхом співставлення екологічних результатів (різниці негативного впливу на НПС до і після впровадження ПОЗ) до витрат на впровадження ПОЗ.

Соціальна ефективність ПОЗ визначається співставлення показників, що характеризують соціальний результат (зміна показників до і після впровадження ПОЗ), до затрат які необхідні для їх досягнення.

Розрізняють одно - і багатоцільові ПОЗ. Одноцільові заходи направлені в основному на зниження забруднення навколишнього природного середовища. Багатоцільові заходи направлені не тільки на зниження забруднення навколишнього природного середовища, але і на поліпшення економічних результатів діяльності підприємств.

Ефективність впровадження ПОЗ визначається за показниками загальної та порівняльної економічної ефективності.

Загальна (абсолютна) ефективні затрат на впровадження ПОЗ визначається для виявлення економічної результативності природоохоронної діяльності на всіх рівнях господарювання (підприємство, регіон, галузь, держава).

Загальна (абсолютна) економічна ефективність ПОЗ розраховується як відношення річного обсягу повного економічного ефекту до суми приведених витрат, які визвали цей ефект:

$$E_a = \sum \sum E_{ij} / (C_n + E_n \times K_n), \quad (6.5)$$

де: E_{ij} – повний економічний ефект і-того виду від упередження збитків на j-тому об'єкті, грн.;

C_n – річні поточні витрати на обслуговування і утримання основних фондів, які забезпечили цей ефект, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,14$).

K_n – капітальні витрати в будівництво фондів природоохоронного призначення, грн.

Показник загальної економічної ефективності капітальних вкладень розраховується за формулою:

$$E_{ak} = (\sum \sum E_{ij} - C_n) / K_n. \quad (6.6)$$

Капітальні вкладення рахуються ефективними якщо $E_{ak} > E_n$.

Як відомо, в результаті діяльності підприємств харчової галузі в атмосферне повітря потрапляють забруднюючі речовини. Оскільки податок за такі викиди та скиди розраховується виходячи з фактичних обсягів та видів забруднюючих речовин, підприємствам доцільно спрямувати свої зусилля на зменшення кількості речовин, що забруднюють навколишнє середовище. Такі заходи крім екологічного ефекту матимуть економічний ефект для підприємства, який полягатиме у зменшенні суми екологічного податку, що розраховується згідно Податкового Кодексу України.

Всі промислові гази – як відхідні, так і технологічні – передаються газоходами чи трубопроводами, які можуть постачатися відповідними

газоочисними пристроями. Природно, вибір придатного методу очищення залежить від природи вловлюваного матеріалу.

Якщо вловлювана речовина газоподібна, можливі два альтернативних варіанти: адсорбція чи абсорбція домішок з газової суміші або подальші хімічні перетворення компонентів суміші.

Перш ніж вибрати оптимальний метод очищення, газоочисне обладнання, необхідно встановити, які речовини слід видалити з газового потоку, об'єм потоку і його параметри. В даному випадку доцільно зменшити викиди оксидів азоту, оскільки ставка податку по цій забруднюючій речовині є досить високою, порівняно з іншими (див. табл. 6.3). В таблиці 6.6 наведено показники різних апаратів пиловловлювання.

Таблиця 6.6 – Показники для вибору апаратів пиловловлювання

Пиловло-влювачі	Максимальний вміст пилу в газі, кг/м ³	Розміри уловлювальних частинок, мкм	Ступінь очищення, %	Гідравлічний опір	Максимальна температура на вході в апарат
Пилоосаджувальні камери	-	100	30-40	-	Не лімітується
Жалюзійні пиловло-влювачі	0,02	25	60	500	400-500
Циклони	0,40	10	70-95	400-700	400
Батарейні циклони	0,10	10	85-90	500-800	400
Рукавні фільтри	0,02	1	98-99	500-2500	100-250
Відцентрові скрубери	0,05	2	85-95	400-800	Не лімітується
Пінні апарати	0,03	2	95-99	300-900	Не лімітується
Скрубери з насадкою	0,02	1	96-99	300-1000	Не лімітується
Електрофільтри	0,01-0,05	0,005	99	100-200	425

В даному випадку пропонується встановити електрофільтр, який забезпечуватиме очищення газів, які викидаються, від оксидів азоту. Необхідний ступінь очищення газів, що викидаються, від оксидів азоту можна забезпечити абсорбційним очищенням газів в абсорберах лужними розчинами NaOH, Na₂CO₃ та Ca(OH)₂.

Повний економічний ефект такого природоохоронного заходу полягатиме у зменшенні суми плати за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря і складе 334,95 грн. на рік.

При цьому придбання і встановлення фільтра коштуватиме 3000 грн., що становитиме капітальні витрати на природоохоронний захід.

Тоді розрахунок загальної (абсолютної) економічної ефективності даного заходу згідно формули 6.6 матиме такий вигляд:

$$E_a = 334,95 / (3000,00 \times 0,14) = 0,79 \text{ грн.}$$

Отже, абсолютна економічна ефективність встановлення очисного фільтра складе 0,79 грн., тобто на 1 грн. вкладених коштів підприємство отримає 79 коп. ефекту, який полягатиме у зменшенні суми плати за забруднення навколишнього природного середовища.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто основні чинники, що впливають на якість та екологічну безпеку продовольчої сировини та продуктів харчування. Описано основні забруднювачі продуктів харчування та нормативи, які контролюють їх безпеку за даними показниками.

Контроль якості харчових продуктів на всіх стадіях технологічного процесу від приймання сировини до випуску готової продукції є однією з важливіших передумов виробництва високоякісної продукції, правильного ведення технологічного процесу, оптимального використання сировини та матеріалів.

Розглянуто природні та антропогенні джерела сполук важких металів в навколишньому середовищі та шляхи їх надходження в продукти харчування.

Розглянуто біологічні функції важких металів як життєво-необхідних елементів та токсичну дію їх сполук.

Запропоновані природоохоронні заходи і рекомендації для підприємств харчової промисловості.

Проведено кореляційний аналіз та прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування рослинного походження в залежності від їх концентрацій в ґрунтах, на яких вони вирощуються.

Наведено рекомендації щодо забезпечення якості та екологічної чистоти продовольчої сировини та продуктів харчування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонович Е.А., Седокур Л.К. Качество продуктов питания в условиях химизации сельского хозяйства. Справочник. - К.: Урожай, 1990. - 240 с.
2. Білявський Г.О., Гетьман В.В. Сучасні аспекти біологічної безпеки// Екологія і ресурси - К.: УІНСіР, 2002 - С. 148-160.
3. Булгаков Л. А. Радиоактивные вещества и человек. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 160 с.
4. Возіанов О.ф. Харчування та здоров'я населення України (концептуальні основи раціонального харчування)// Журнал Академії медичних наук України. - 2002. - Т.8. - № 4. - С. 647-657.
5. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевой продукции. - М.: Пищепромиздат, 2001. - 528 с.
6. Пономарьов П.Х., Сирохман І.В. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини. Навчальний посібник. - К.: Лібра, 1999, -272 с.
7. Сердюк А.М. Еколого-гігієнічні проблеми харчування//Журнал Академії медичних наук України. - 2002. - Т.8. - №4. - С. 677-684.
8. Система НАССР. Довідник. - Львів: НТЦ "Леонорм-Стандарт". 2003, -218 с.
9. Шаповал М. І. Менеджмент якості: Підручник. - к.: Т-во "Знання", КОО, 2003. -475 с.
10. Гігієна харчування з основами нутріціології /За ред. Циприяна В.І. - К: Здоров'я, 1999. - 577 с.
11. Домарецький В.А., Златов Т.П. Екологія харчових продуктів. - К.: Урожай, 1993. - 188с.
12. Методи визначення нешкідливості харчових продуктів: Метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. спец. 7.091709 «Технологія зберігання, консервування та переробки молока» /Уклад.: В.О. Ромоданова, Н.М.Ющенко, О.В.Кочубей. - К.: УДУХТ, 2001. - 36 с.

13. Ромоданова В.О., Скорченко Т.А., Костенко Т.П., Зубков В.Є. Технохімічний контроль підприємств молочної промисловості. - Луганськ: Елтон-2, 2002. - 325 с.
14. Брио Н.П., Конокотина Н.П., Титов А.И. Технохимический контроль в молочной промышленности. - М.: Пищепромиздат, 1962. - 197с.
15. Говард Р. Робертс. Безвредность пищевых продуктов. /Пер. с англ. Под ред А.М. Копелева/ - М.: Агропромиздат, 1986. - 288 с.
16. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевого сырья и продуктов питания. - М.: Пищ. пром-сть, 1999. - 352 с.
17. Росивал Л., Энгст Р., Соколай А. Посторонние вещества и пищевые добавки в продуктах. Пер. с нем. - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. - 264 с.
18. Санітарні правила і норми по застосуванню харчових добавок, № 222 від 23.07.96 р. - К.: Мін-во охорони здоров'я України, 1996. - 57 с.

Додаток А. Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
 Вінницький національний технічний університет
 Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри ЕЕБ
 к.т.н., доцент
 _____ В.А.Іщенко
 (підпис)

«_____» _____ 2019 року

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
 на магістерську кваліфікаційну роботу

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОДУКЦІЇ ХАРЧОВОЇ
 ПРОМИСЛОВОСТІ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО
 КОНТРОЛЮ**

08-48. МКР.104.01.000 ТЗ

спеціальність 101 - Екологія

Керівник магістерської кваліфікаційної
 роботи: к.т.н., доцент

_____ І.В. Васильківський
 (підпис)

«_____» _____ 2019 року

Розробив: студент гр. ЕКО-18м

_____ Б.І. Луцький
 (підпис)

«_____» _____ 2019 року

1. Підстава для проведення робіт.

Підставою для виконання роботи є наказ № ___ по ВНТУ від “__” _____ 2019 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом №__ засідання кафедри ЕЕБ від “__” _____ 2019 р.

2. Мета роботи. Наукове обґрунтування рівня екологічної безпеки харчової промисловості та прогнозування вмісту важких металів в продуктах харчування і встановлення їх придатності для споживання за цим показником.

3. Вихідні дані для проведення робіт.

Характеристика харчової промисловості Вінниччини (додаток Б).

4. Методи дослідження. Використано методи комплексного, системного науково-обґрунтованого аналізу, а також методи математичної статистики та кореляційного аналізу.

5. Етапи роботи і терміни їх виконання

№ з/п	Найменування етапів МКР	Строк виконання етапів роботи
1.	Розробка технічного завдання.	
2.	Аналіз екологічних характеристик харчової промисловості Вінниччини.	
3.	Аналіз методів визначення важких металів у продуктах харчування.	
4.	Проведення експериментальних досліджень та прогнозування вмісту важких металів у продуктах харчування.	
5.	Розробка природоохоронних заходів і рекомендацій для підприємств харчової промисловості.	
6.	Економічна оцінка природоохоронних заходів на підприємствах харчової промисловості	
7.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури.	

6. Призначення і галузь використання

Розробка може бути використана для забезпечення екологічної безпеки підприємствам харчової промисловості шляхом вдосконалення екологічного контролю та виробництва екологічно безпечних продуктів харчування.

7. Вимоги до розробленої документації

Пояснювальна записка та графічна частина

8. Порядок приймання роботи

Публічний захист роботи «_____» _____ 2019 р.

Початок розробки «_____» _____ 2019 р.

Граничні терміни виконання МКР «_____» _____ 2019 р.

Розробив студент групи ЕКО-18м _____ Луцький Богдан Ігорович
(підпис)

Додаток Б.
Характеристика харчової промисловості Вінниччини

Таблиця Б.1 - Виробництво основних видів продукції харчової промисловості

Вид продукції	Одиниця виміру	Вироблено у 2017 році
М'ясо	тис.тонн	76,29
Вироби ковбасні	тис.тонн	5,64
Соки, продукція з овочів та фруктів	тис.тонн	79,07
Олія, маргарини та спреди	тис.тонн	426,07
Молоко та молокопродукти	тис.тонн	468,87
Борошно та крупи	тис.тонн	207,04
Хлібобулочні вироби та макаронні вироби	тис.тонн	48,92
Цукор білий кристалічний	тис.тонн	430,29
Шоколад та кондитерські вироби	тис.тонн	72,90
Лікери та інші спиртові напої	тис. дал	540,7
Води мінеральні та безалкогольні напої	тис.дал	17311,8

Таблиця Б.2 - Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря у промисловості у 2017 році, тис.т

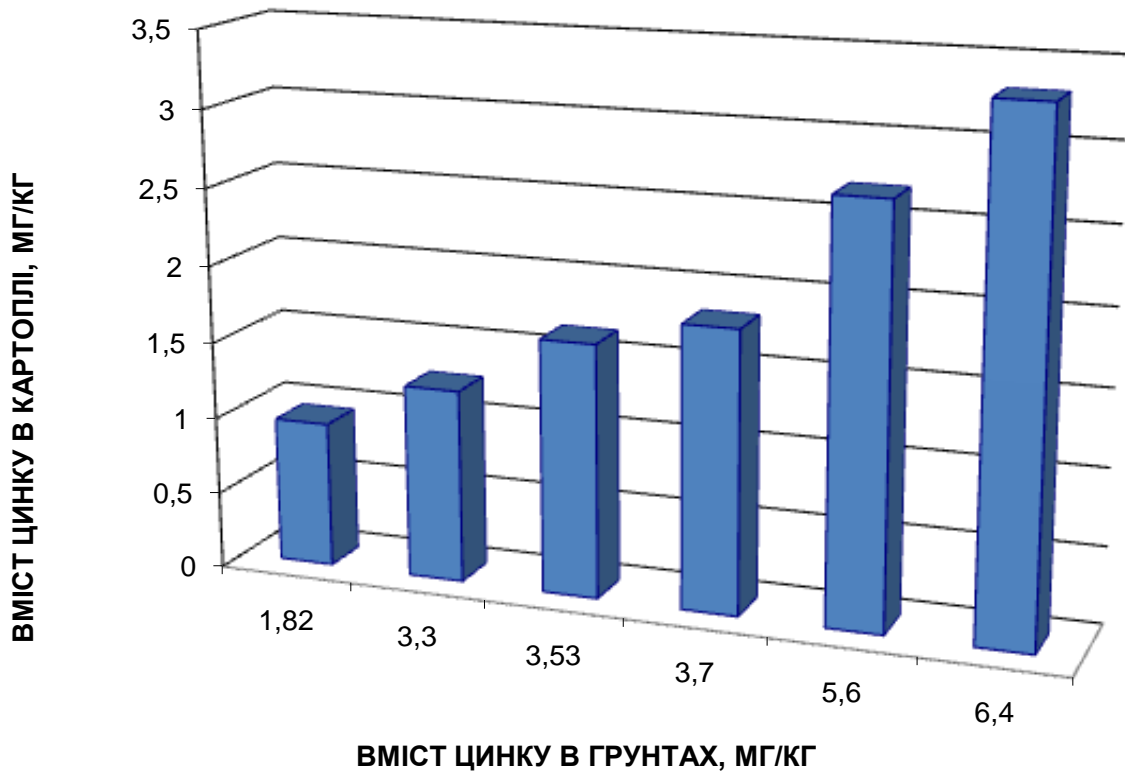
Види економічної діяльності	2016 рік		2017 рік
		всього	у % до підсумку
Усі види економічної діяльності	149,5	124,5	100
Промисловість,		6,9	5,3
Добувна промисловість	0,6	0,5	0,4
Переробна промисловість, у тому числі:	5,3	6,1	4,9
- виробництво харчових продуктів, напоїв	3,9	4,2	3,4
- хімічне виробництво	0,0	0,6	0,5
- металургійне виробництво та машинобудування	0,3	0,04	0,03

Таблиця Б.3 - Показники водовідведення у промисловості у 2017 році

Найменування галузі	поверхневі водні об'єкти	з них, млн.м ³			
		без очистки	недостатньо очищені	нормативно чисті без очистки	нормативно очищених
Всього по регіону	2,436	0,0	0,053	1,75	0,632
Промисловість, в т.ч.:	7,366	-	-	4,385	2,981
хімічна та нафтохімічна	-	-	-	-	-
Машинобудування та металообробка	0,069	-	-	0,019	0,049
виробництво будматеріалів	0,849	-	-	0,849	-
харчова промисловість	1,301		0,053	0,666	0,583

Додаток В.

Динаміка вмісту цинку в продуктах рослинного походження в залежності від його вмісту в ґрунті



Додаток Д.
Кумулятивні властивості важких металів в організмі людини

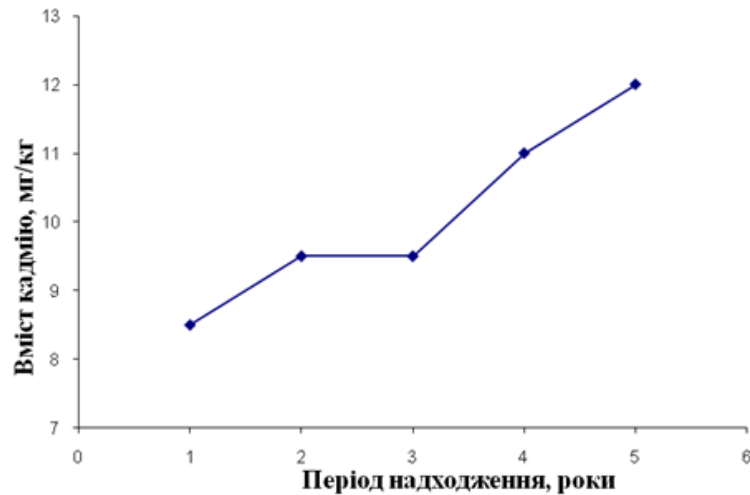


Рисунок Д.1- Графічна залежність кумулятивних властивостей кадмію від періоду його надходження в організм людини

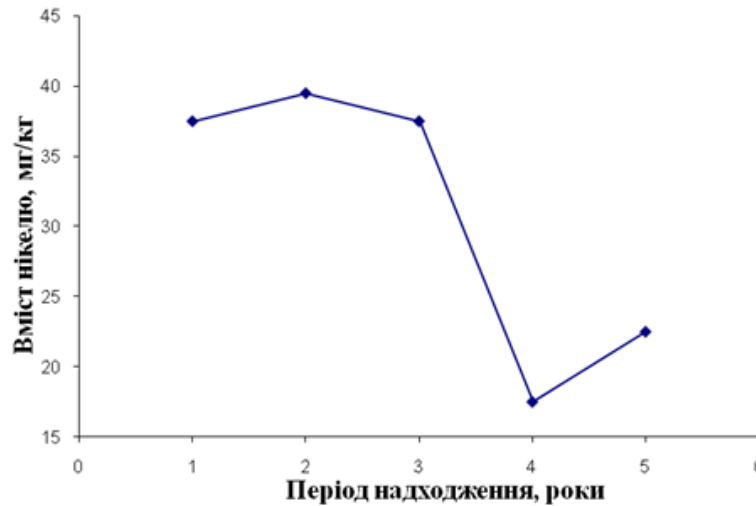


Рисунок Д.2 - Графічна залежність кумулятивних властивостей нікелю від періоду його надходження в організм людини

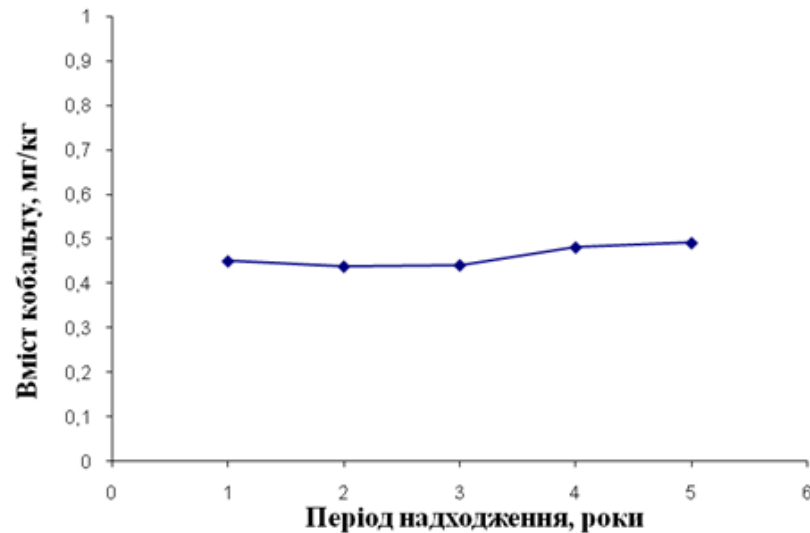


Рисунок Д.3 - Графічна залежність кумулятивних властивостей кобальту від періоду його надходження в організм людини

Додаток Е.
Прогнозування вмісту свинцю в продуктах харчування
рослинного походження

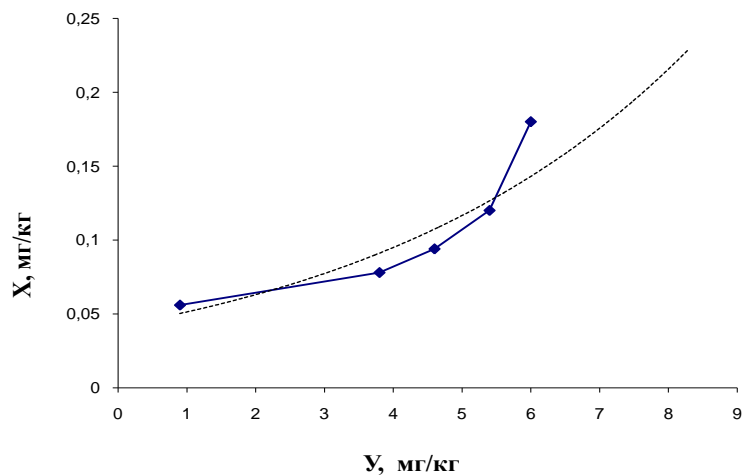


Рисунок Е.1 – Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою експоненціальної залежності

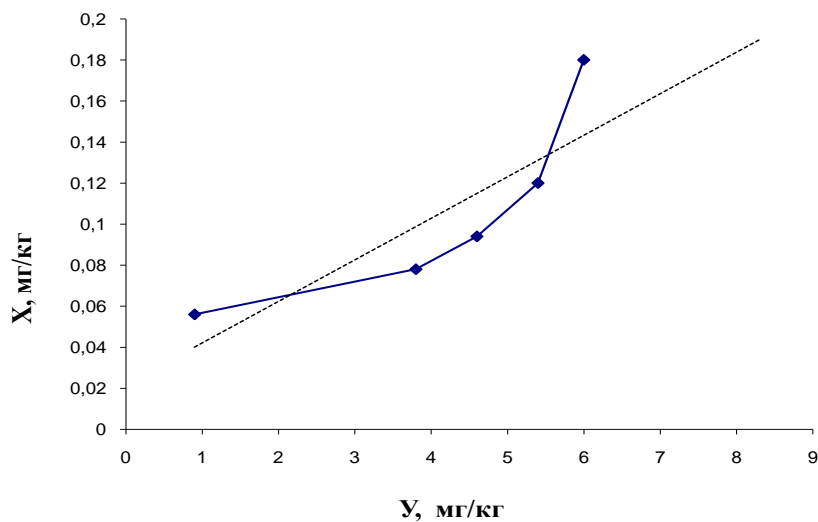


Рисунок Е.2 – Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою лінійної залежності

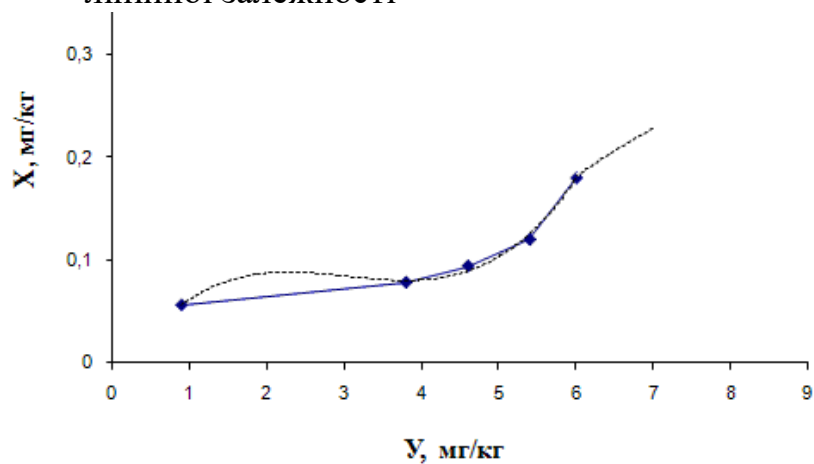


Рисунок Е.3 – Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою поліноміальної залежності третього степеня

Продовження додатку Е.

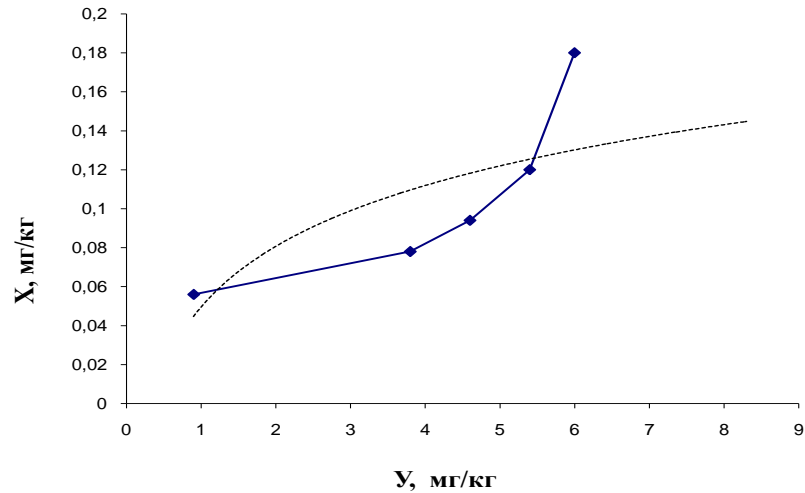


Рисунок Е.4 – Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою логарифмічної залежності

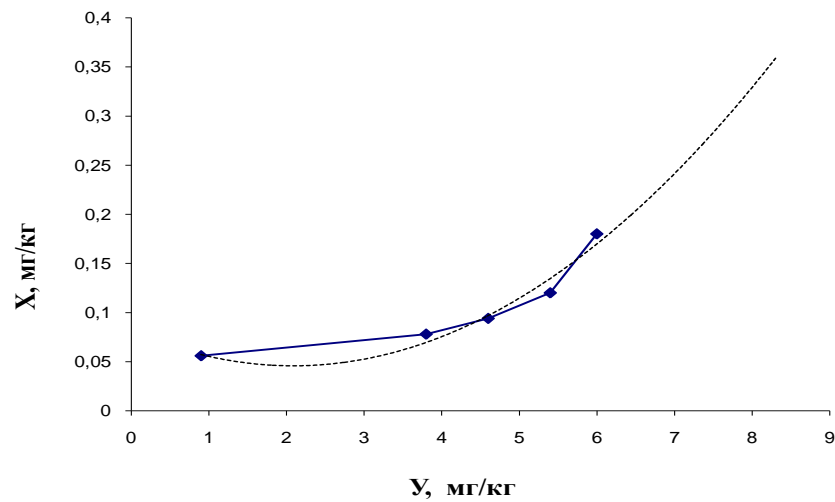


Рисунок Е.5 – Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою поліноміальної залежності другого степеня

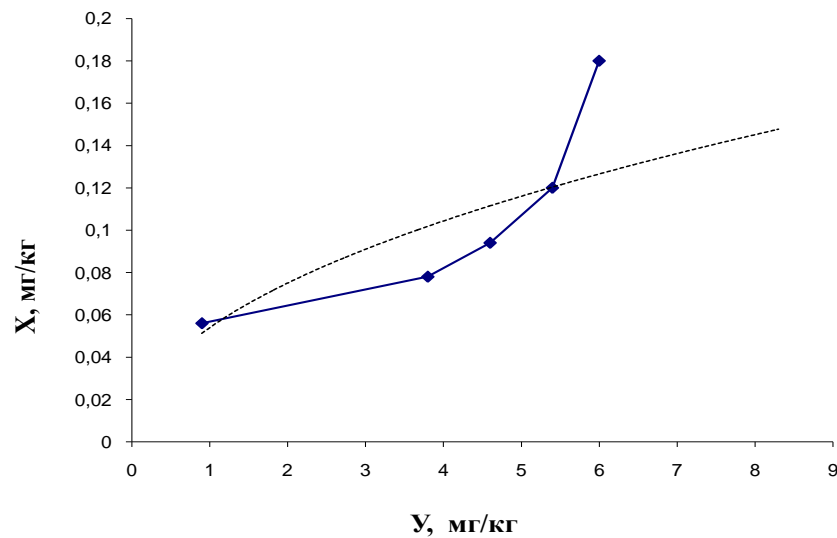


Рисунок Е.6 – Графік прогнозу вмісту свинцю в картоплі за допомогою степеневої залежності

Додаток Є.

Акт впровадження результатів магістерської кваліфікаційної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ІнЕБМД, д.т.н.,
професор_____ Петрук В.Г.
“ ____ ” _____ 2019 р.

АКТ

впровадження результатів
магістерської кваліфікаційної роботи
студента групи ЕКО-18м*Луцького Богдана Ігоровича*на тему: **“ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОДУКЦІЇ
ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ
ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ”**

у навчальний процес

Комісія у складі професора Ранського А. П., доц. Кватернюка С. М., доцента Петрука Р.В. склали цей акт про те, що в інституті екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету під час виконання практичних занять з дисциплін «Екологічна токсикологія» та «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» впроваджено такі результати, розроблені магістрантом *Луцьким Б.І.*:

1) Удосконалений метод оперативного екологічного контролю забруднення продуктів харчування рослинного походження важкими (токсичними) металами;

2) Удосконалена методика кореляційного аналізу вмісту важких металів в продуктах харчування в залежності від їх вмісту в ґрунті.

“ ____ ” _____ 2019 р.

Голова комісії:

д.х.н., професор, завідувач кафедри
ХХТ Ранський А. П.

Члени комісії:

к.т.н., доцент каф. ЕЕБ Кватернюк С.М.

к.т.н., доцент кафедри ЕЕБ Петрук Р. В.