

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету захисту
рослин, біотехнологій та екології

_____ Юлія КОЛОМІЄЦЬ
(підпис)

«___» _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри екології
агросфери та екологічного контролю

_____ Олена НАУМОВСЬКА
(підпис)

«___» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **«Оцінка якості води річки Случ за впливу ТОВ
Старокостянтинівцукор»**

Спеціальність _____ 101 Екологія _____
(код і назва)

Освітня програма _____ Екологічний контроль та аудит _____
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К. с.-г. наук, доцент
кафедри екології
агросфери та екологічного
контролю

_____ (підпис)

Марина ЛАДИКА

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К. с.-г. н., доцент

_____ (підпис)

Сергій ПАВЛЮК

Виконала

_____ (підпис)

Уляна ОСТАПЮК

КИЇВ-2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології агросфери та
екологічного контролю

к. с.-г.н, доцент _____ Олена НАУМОВСЬКА

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Остапук Уляні Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____ 101 Екологія _____
(код і назва)

Освітня програма _____ Екологічний контроль та аудит _____
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи **«Оцінка якості води річки Случ за впливу ТОВ Старокостянтинівцукор»**

затверджена наказом від «05» листопада 2024 р. № 1979 «С»

Термін подання роботи на кафедру _____ 15.11.2025 р.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до роботи: законодавчі акти, навчальна та наукова література, офіційні статистичні матеріали, звіти та оперативні матеріали, публікації наукових установ, власні спостереження та дослідження

Перелік питань, що підлягають дослідженню: Провести аналіз наукових джерел, включаючи підручники, наукові статті, монографії та електронні джерела, щодо питання впливу цукрової промисловості на якість поверхневих вод. Підготувати розділ "Огляд літератури". Провести лабораторні дослідження фізико-хімічних та біологічних показників якості води. Оцінити рівень антропогенного навантаження та встановити ступінь впливу виробничої діяльності цукрового заводу на екологічний стан річки. Розробити рекомендації щодо зменшення техногенного навантаження та покращення екологічного стану вод річки Случ.

Дата видачі завдання « 30 » _____ вересня _____ 2024 р.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи
Завдання прийняла
до виконання**

(підпис)

Сергій ПАВЛЮК

(підпис)

Уляна ОСТАПЮК

РЕФЕРАТ

Випускна магістерська робота «Оцінка якості води річки Случ за впливу ТОВ Старокостянтинівцукор» викладена на 77 сторінках машинописного тексту, містить 3 таблиці, 23 рисунок. Список використаних джерел нараховує 47 літературних посилань.

Якість поверхневих вод має вирішальне значення як для населення, так і для екосистем. Поверхневі води є надзвичайно цінним природним ресурсом. Вони слугують основним джерелом питної води, використовуються для господарсько-побутових, рибогосподарських, рекреаційних, а також промислових потреб.

Вода, забруднена токсинами, хімічними речовинами, загрожує здоров'ю людини, може викликати отруєння, стати причиною хвороб та довгострокових проблем зі здоров'ям.

Що ж до впливу якості поверхневих вод на екосистему, то можна сміливо сказати, що її якість є фундаментальною умовою існування живого. Вода є середовищем існування для водних організмів, а також підтримує водозалежні екосистеми. Забруднення води, зміна її температури або хімічного складу призводить до втрати біорізноманіття, деградації середовищ існування та порушення функціонування екосистемних послуг.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю оцінки антропогенного навантаження від великих промислових об'єктів на водні екосистеми. Дослідження екологічного стану річки в зоні потенційного впливу ТОВ «Старокостянтинівцукор» дає змогу встановити ступінь змін, зумовлених виробничою діяльністю, оцінити відповідність показників якості води гранично допустимим нормативам і визначити основні екологічні ризики.

Об'єкт дослідження: Стан поверхневих вод річки Случ у межах впливу господарсько-виробничої діяльності ТОВ «Старокостянтинівцукор».

Предмет дослідження: Якісні та кількісні показники хімічного, фізичного та біологічного складу води річки Случ, а також зміни цих показників під впливом скидів та діяльності ТОВ «Старокостянтинівцукор».

Метою магістерської роботи є оцінка поточного стану якості води річки Случ та визначити ступінь впливу діяльності ТОВ «Старокостянтинівцукор» на її екологічний стан.

Завдання:

1. Провести аналіз наукових джерел, включаючи підручники, наукові статті, монографії та електронні джерела, щодо питання впливу цукрової промисловості на якість поверхневих вод. Підготувати розділ "Огляд літератури"

2. Охарактеризувати технологічні процеси та потенційні джерела впливу ТОВ «Старокостянтинівцукор» на поверхневі води.

3. Провести лабораторні дослідження фізико-хімічних та біологічних показників якості води (БСК₅, ХСК, рН, кисень, мінералізація, азотні сполуки, фосфати, завислі речовини тощо).

4. Оцінити рівень антропогенного навантаження та встановити ступінь впливу виробничої діяльності цукрового заводу на екологічний стан річки.

5. Розробити рекомендації щодо зменшення техногенного навантаження та покращення екологічного стану вод річки Случ.

Методи дослідження: теоретичний, польовий, лабораторний, аналітичний.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ЩО ЗУСТРІЧАЮТЬСЯ В РОБОТІ

- БСК**- біологічна потреба в кисні;
- ГДК** - гранично допустима концентрація;
- ДСанПіН** - Державні санітарні правила та норми;
- КМУ**- Кабінет Міністрів України;
- КНД**- керівний нормативний документ;
- МВВ**- методика виконання вимірювання;
- НОК**- нефелометричні одиниці каламутності;
- ПАР**- поверхнево-активні речовини;
- ТЕЦ**- теплоелектроцентраль;
- ТОВ**- товариство з обмеженою відповідальністю;
- ХВО**- хімічне очищення води;
- ХСК**- хімічне споживання кисню.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Теоретичні основи оцінки якості водних ресурсів.....	9
1.2. Загальна характеристика цукрового виробництва.....	14
1.3. Потенційний вплив цукрового виробництва на водні ресурси.....	40
1.4. Законодавча база та нормативно-правові акти України у сфері охорони водних ресурсів.....	42
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	46
2.1. Загальна характеристика річки Случ.....	46
2.2. Характеристика ТОВ “ Старокостянтинівцукор” як потенційного джерела впливу.....	47
2.3. Практична частина, вибір пунктів відбору проб води та проведення аналізів.....	50
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	61
3.1. Результати дослідження та оцінка якості стану води річки Случ.....	61
3.2. Рекомендації щодо покращення екологічного стану.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	69
ДОДАТКИ.....	76

ВСТУП

Раціональне використання та охорона водних ресурсів є одним з основних екологічних завдань сучасності. Вода це не лише універсальний природний ресурс, а й основа життєдіяльності всіх живих організмів і розвитку суспільства. Проте активна господарська діяльність людини, зокрема промисловість, значно впливає на якість поверхневих вод. Особливої уваги потребують підприємства харчової промисловості.

Екологічний моніторинг стану водних ресурсів у районах промислових зон є необхідним інструментом для забезпечення сталого розвитку території. Саме комплексна оцінка якості води дозволяє не лише зменшити рівень антропогенного навантаження, а й підвищити ефективність функціонування очисних споруд, простежити дотримання підприємствами вимог екологічного законодавства, та розробити рекомендації щодо покращення стану довкілля.

Річка Случ - одна з основних водних артерій Хмельницької області, яка забезпечує екологічну рівновагу регіону. Її використовують у сільському господарстві, промисловості та для побутових потреб населення. У межах Старокостянтинівського району на річку може впливати діяльність ТОВ “Старокостянтинівцукор” - потужного підприємства, яке в процесі виробництва цукру споживає значний обсяг води та утворює стічні води з високим вмістом органічних речовин. Саме це питання оцінки якості води річки Случ у зоні впливу підприємства є актуальним для забезпечення екологічної безпеки території

Екологічна оцінка якості поверхневих вод є основою для з'ясування тенденцій її змін в часі і просторі, визначення впливу антропогенного навантаження на екосистеми водних об'єктів, оцінка змін стану водних ресурсів, вирішення економічних і соціальних питань, пов'язаних із забезпеченням охорони довкілля та інформування громадськості. Вона є основою для оцінки впливу людської діяльності на навколишнє середовище, визначення певних водоохоронних регламентів та застережень, планування і здійснення водоохоронних заходів та оцінки їх ефективності.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Теоретичні основи оцінки якості водних ресурсів

Класифікація та основні показники якості поверхневих вод.

Поверхневі води - води, що знаходяться на поверхні суші. До них належать річки, озера, водосховища, ставки, болота та льодовики. Вони є ключовими компонентами гідросфери, відіграють життєво важливу роль у функціонуванні екосистем і житті людини. Вони є джерелом питної води, використовуються для зрошення в сільському господарстві, виробництва електроенергії, промисловості та як транспортні шляхи. Поверхневі води також є середовищем існування багатьох видів риб, птахів та інших організмів.

Зміни у навколишньому середовищі відбуваються під впливом природних і зумовлених діяльністю людини факторів. Пізнання цих змін неможливе без виокремлення антропогенних процесів на фоні природних, для цього проводять спеціальні спостереження за різноманітними параметрами біосфери, які змінюються внаслідок людської діяльності.

Саме у спостереженні за довкіллям, оцінюванні його фактичного стану, прогнозуванні його розвитку, полягає сутність моніторингу. За міжнародним стандартом. [1]

Моніторинг - це багаторазове вимірювання для спостереженнями за змінами будь-якого параметра в певному інтервалі часу; система довготривалих спостережень, оцінювання, контролювання та прогнозування стану й змін об'єктів.

Системний контроль, оцінку та прогнозування стану водойм допомагає забезпечити моніторинг. Його основне завдання - виявляти зміни якості води, що спричинені діяльністю людини або природними процесами. Цей процес є важливим для захисту навколишнього середовища та здоров'я людини.

Забруднення поверхневих і підземних вод можна розподілити на такі типи:

- механічне - підвищення вмісту механічних домішок, властиве в основному поверхневим видам забруднень;

- хімічне - наявність у воді органічних і неорганічних речовин токсичної і не токсичної дії;
- бактеріальне і біологічне - наявність у воді різноманітних патогенних мікроорганізмів, грибів і дрібних водоростей;
- радіоактивне - наявність радіоактивних речовин у поверхневих чи підземних водах;
- теплове- випуск у водойми підігрітих вод теплових і атомних ЕС.

Стічні води, що відводяться з території промислових підприємств, за складом поділяються на три види:

- *виробничі*, які утворюються в процесі виконання різноманітних технологічних процесів, пов'язаних із виготовленням продукції, матеріалів чи напівфабрикатів. До їх складу входять технологічні розчини, що відпрацювали цей ресурс, промивні води після очищення обладнання, води використані для охолодження механізмів і технологічних ліній, а також шахтні і кар'єрні води, які викачуються під час видобувних робіт;

- *води від очищення* виробничого устаткування, миття приміщень, а також ті котрі утворюються в процесі очищення твердих відходів та їх транспортування. Такі води як правило, мають високий вміст органічних речовин і неорганічних домішок, жирів, масел, залишків реагентів, тому потребують очистки перед скиданням у каналізацію;

- *побутові* - стічні води із санітарно-побутових приміщень та санвузлів розташованих на територіях підприємств. Такі води також мають у своєму складі органічні речовини побутового походження, миючі засоби та залишки їжі.

Виробничі стічні води зазвичай можна поділити на дві основні категорії: забруднені та не забруднені, або так звані "умовно чисті". Значна частина води на промислових об'єктах (у деяких галузях близько 70-90%) використовується для охолодження обладнання, або готової продукції. При такому використанні вода не змінює свого хімічного складу, лише

температуру і вважається умовно чистою та придатною для повторного використання, без очищення.

Таким чином, промислові стічні води поділяються на кілька основних видів: - умовно чисті, які утворюються під час охолодження обладнання; - хімічно забруднені води, що містять різні домішки внаслідок технологічних процесів; а також поверхневі, що формуються на території підприємств в результаті опадів або змивання забруднень з виробничих майданчиків.

Хімічно забруднені стічні води поділяються, що утворюються внаслідок технологічних процесів, можуть бути розподілені на чотири основні групи:

1. Органічно забруднені стоки. Ці води містять переважно органічні речовини та утворюються на підприємствах м'ясної та харчової промисловості, целюлозно-паперових комбінатах, на заводах, де виготовляють пластмаси та каучук;

2. Стоки з мінеральними домішками. Зазвичай в своєму складі мають неорганічні речовини, такі як солі, важкі метали, кислоти та луги);

3. Стоки зі змішаним забрудненням. Ця група включає як органічно, так і мінерально забруднені води. Галузі утворення - нафтовидобувні, нафтопереробна, нафтохімічна, текстильна, легка, фармацевтична промисловість, а також виробництво цукру.

4. Стоки зі специфічним забрудненням. Дані води містять особливо небезпечні речовини, що вимагають індивідуальних методів очищення. До них можуть належати радіонукліди, високотоксичні сполуки, біологічно активні речовини [2].

Основними чинниками, що спричиняють забруднення та засмічення водних об'єктів, є недосконале очищення стічних вод. Ці води надходять від промислових і комунальних підприємств, а також від великих тваринницьких комплексів. Крім того значний внесок у забруднення робить гірничорудна промисловість.

Різноманіття забруднюючих речовин у виробничих стічних водах є прямо залежним від технологій та виду виробництва. Якість води - це

інтегральний показник, який демонструє ступінь забрудненості водного об'єкта і визначається за сукупністю таких показників: фізичних, хімічних, гідробіологічних та бактеріологічних, котрі повинні відповідати вимогам. Ще однією формою класифікації може бути розподіл показників якості на *загальні* та *специфічні*. [3]

Основні фізичні характеристики якості води включають такі параметри, як температура, прозорість, кольоровість, наявність запаху та кількість зважених частинок.

Бактеріологічні показники, своєю чергою, слугують для оцінки забруднення води патогенними мікроорганізмами. Ключовими серед них є колі-індекс, що визначає кількість кишкових паличок на літр води та колі-тирт, який визначає об'єм води в мілілітрах, де може бути виявлена одна кишкова паличка.

Для оцінки стану водойм також використовують гідробіологічні показники, які дозволяють оцінити стан водного середовища за складом і кількістю живих організмів, а саме тварин та рослин, які наповнюють водне середовище. Водні організми є дуже чутливими до найменших негативних змін в середовищі їх існування і миттєво реагують на них, тому метод гідробіологічних досліджень та вважається найбільш точним.

Усі ці групи показників - фізичні, бактеріологічні та гідробіологічні - разом становлять загальну систему критеріїв, які використовуються для визначення якості води та оцінки її придатності для різних потреб.

Хімічні показники якості води поділяють на загальні та специфічні. До групи загальних показників належать показники, що відображають основний хімічний стан води: рівень розчиненого кисню, показники хімічної та біологічної потреби в кисні, водневий показник рН, а також концентрація азоту, фосфору та загальний мінеральний склад води.

Специфічні показники, навпаки, орієнтовані на виявлення конкретних, часто токсичних забруднювачів, які є найбільш поширеними у стічних водах.

До таких специфічних речовин відносяться феноли, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини(ПАР),пестициди та важкі метали. [2, 3]

Виробничі стічні води є неминучим наслідком створення при створення різних товарів, матеріалів та продуктів. За свої об'ємом і хімічним складом ці стоки дуже різняться, оскільки вони безпосередньо залежать від сировини, типу виробництва та технології, що застосовується. Умовно забруднювачі, які потрапляють у ці стічні води, можна розділити на п'ять основних груп:

1. Органічні сполуки, які швидко розкладаються, є біологічно нестійкими;
2. Малотоксичні органічні речовини;
3. Нафтопродукти;
4. Біогенні сполуки;
5. Речовини з вираженими токсичними властивостями, до яких належать важкі метали та біологічно стійкі синтетичні органічні сполуки, що важко піддаються розкладанню.

Стічні води, які утворюються на цукрових заводах, характеризуються високим вмістом органічних компонентів. до них належить сахароза та продукти її розпаду. білки та інші азотні сполуки, а також пектин, сапонін, пентози і неорганічні солі (зокрема калію, магнію та солі фосфорної й соляної кислот). Наявність такої великої кількості органіки призводить до того, що ці стічні води швидко загнивають та починають бродити.

При цьому важливо зазначити, що під час переробки цукрового буряку заводи фактично перетворюють на готову продукцію лише трохи більше половини від усіх сухих речовин, що містяться у сировині.

Решта сухих речовин, які не потрапили у готовий продукт, є переважно органічними речовинами, що перетворюються на відходи виробництва. Однак, якщо цукровий завод неналежно проводиться з цими відходами - неправильно їх складає, зберігає чи не проводить їх подальшу утилізацію та переробку - це призводить до значного забруднення довкілля та погіршення екологічної ситуації в регіоні, де розташоване підприємство. [4,5]

Цукрова промисловість є однією з найбільш ресурсозатратних галузей економіки, оскільки для виробництва кінцевого продукту потрібен об'єм сировини та допоміжних матеріалів, який у декілька разів перевищує вихід самого цукру. Підприємства цієї галузі є великими споживачами води, теплової та електричної енергії, а також, значним джерелом утворення біологічних відходів. З огляду на ці факти, цукрова промисловість обґрунтовано класифікується, як екологічно небезпечний вид діяльності. Зокрема, Хмельницька область відіграє ключову роль у вирощуванні сировини, займаючи провідне місце в Україні за посівними площами цукрового буряка, які станом на 2024 рік склали 32,4 тисячі гектарів. [6,7]

Галузь виробництва цукру в області має значні потужності. За інформацією Хмельницької обласної військової адміністрації, на території області діють такі великі цукрові підприємства : ТОВ “Старокостянтинівцукро”, ТОВ “Наркевицький цукровий завод”, ПрАТ “Шевченківський цукровий комбінат” та ПрАТ “Теопільський цукровий завод”. [8]

Через недоліки та недосконалість технологічного обладнання, складність самого процесу виробництва цукру, функціонування цукрових заводів, може спричинити низку екологічних проблем.

1.2. Загальна характеристика цукрового виробництва

Основним джерелом отримання цукру є рослини, у тканинах яких накопичується сахароза. До найпоширеніших культур, що використовуються для виробництва цукру, належать цукрові буряки, цукрова тростина, сорго, спеціальні сорти кукурудзи, а також деякі деревні види - цукровий клен, пальми та ріжкове дерево. В Україні провідним видом сировини для виготовлення цукру є саме цукрові буряки, оскільки вони займають найбільші площі вирощування та забезпечують основні обсяги виробництва.[9]

Історія цукроваріння в Україні бере свій початок з 1824 року, коли в селі Макошине, що на Чернігівщині запрацював перши цукровий завод. Невдовзі

після нього був відкритий Трощинський завод на Київщині (нині це територія Черкаської області). Ці перші підприємства засновувалися поміщиками-кріпосниками, які прагнули знайти нові шляхи збільшення прибутків своїх господарств. Галузь розвивалася дуже стрімко, вже через вісімнадцять років після запуску Макошинського заводу в Україні діяло вже 52 підприємства. А в період з 1842 по 1848 року, усього за шість років, їхня кількість стрімко зросла майже у чотири рази, досягнувши позначки 192 заводи. Більшість цих цукроварень була збудована у ключових сільськогосподарських регіонах, зокрема на Вінниччині, Київщині та Поділлі.

Станом на 1913-1914 роки, цукрова промисловість в Україні демонструвала зростання масштабів. Загальна площа, відведена під посіви цукрових буряків, сягала 538 014 гектарів. У цей період у країні функціонував 201 цукровий завод. Сукупна потужність цих підприємств дозволяла переробляти 1 142 283 центнери буряків за добу. Це означає, що в середньому один завод міг переробляти 5 683 центнери сировини щодня. У результаті роботи цих заводів було вироблено 11 080 800 центнерів цукру. [10,11]

період 1917-1921 років вона зазнала майже повної руйнації. Як наслідок, у 1921- 1922 роках, обсяги виробництва цукру склали лише 4 % від рівня, досягнутого 1913 році. Проте, в наступні роки галузь продемонструвала швидке відновлення: до 1927- 1928 років вона змогла вийти на довоєнний рівень, виробивши 1,1 мільйона цукру. Ситуація змінилася на початку колективізації: у 1932 року площа цукрового буряку та, відповідно виробництво цукру значно скоротилося до 550 тис. тонн. Однак згодом розпочалося швидке зростання і до 1940 року виробництво достигло рекордних 1 мільйона 580 тисяч тонн.

Після відновлення галузі значну кількість старих цукрових заводів було реконструйовано, а також побудовано ряд нових, потужних підприємств. Серед нових гігантів виділяються чотири заводи: Лохвицький, який став найбільшим в Європі та Веселоподільський на Полтавщині, а також Кам'янський на Харківщині. Під час їхнього будівництва використовувалися

найсучасніші технології цукрового виробництва того часу, завдяки чому рівень механізації робіт досягав 70%.

Однак, під час радянсько-німецькою війни (1941-1945) цукрова промисловість знову зазнала серйозних втрат, багато цукроварень було повністю зруйновано, а решту - пошкоджено. Це призвело до різкого падіння виробництва у 1945 році було вироблено лише 329 тисяч тонн цукру. Відновлення були тривалими і довоєнний рівень виробництва вдалося досягти лише через дев'ять років, у 1954 р.

Швидкий розвиток цукрової промисловості спостерігається у період з 1944 по 1970 роки. За ці п'ятнадцять років було зведено 38 нових заводів з високим рівнем механізації, а також проведена реконструкція та значне розширення багатьох вже існуючих підприємств. Завдяки таким заходам, середня потужність одного заводу зросла майже вдвічі протягом 1950-1970-х років: якщо у 1950 році вона склала 8,6 тисяч центнерів переробки буряків на добу, то до 1970 року цей показник досяг 17 тисяч центнерів на добу. [11,12]

Цукрові заводи географічно розташовані поблизу регіонів, де вирощується і постачається сировина - цукрові буряки. Головними регіонами вирощування буряків цукрових є Вінницька, Кіровоградська, Львівська, Хмельницька та Черкаська області і відповідно більшість великих цукрових підприємств знаходяться саме там.

З огляду на стратегічне та соціальне значення цукрової промисловості в умовах воєнного стану, починаючи з 2022 року, Державна служба статистики України обмежила публічний доступ до офіційної статистики виробництва цукру. Тому, для проведення досліджень доводиться використовувати відкриті джерела інформації, які публікуються фахівцями та галузевими експертами. Держкомстат України публікує інформаційні дані в межах календарного року, тоді як Національна асоціація цукровиків України “Укрцукор”, та галузеві експерти надають дані щодо виробництва, реалізації продукції та споживання цукру.

У період з 2000 по 2023 роки, обсяги виробництва цукру в Україні постійно змінювалися. Такі коливання були зумовлені різними факторами: обсягом зібраних буряків, їх урожайністю, загальною економічною ситуацією в державі, а також на світовому ринку (рис. 1.1).

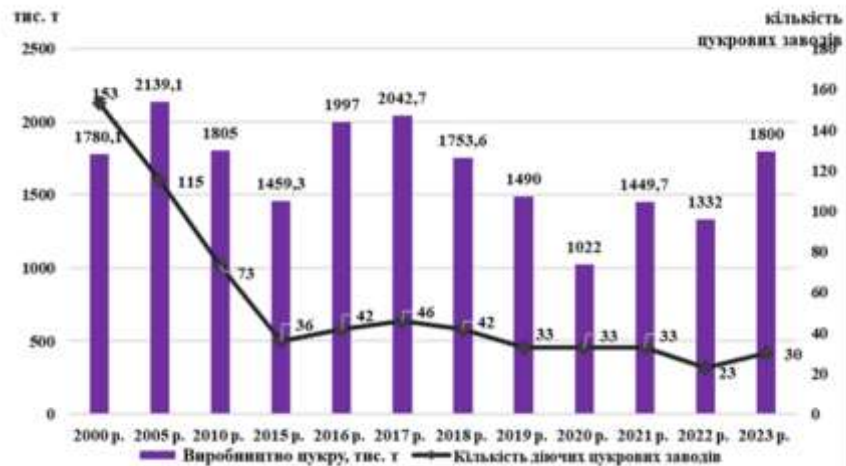


Рис.1.1. Динаміка виробництва цукру та кількості цукрових заводів в Україні на 2000-2023 роки. [13]

Загальна динаміка свідчить про поступове скорочення обсягів виробництва протягом більшої частини досліджуваного періоду. Однак у 2023 році, попри воєнні умови, відбулося зростання, виробництва цукру зросло на 35% порівняно з 2022 кором і на 24% у порівнянні з довоєнним 2021 роком.

У різні роки кількість підприємств, що займалася виробництвом цукру, була не однаковою. Проте загальна тенденція свідчить про скорочення кількості діючих цукрових заводів (рис 1.2.1.). Якщо на початку 1990-х років в Україні працювала значно більша кількість таких підприємств, то з часом їх число помітно зменшилося внаслідок економічних труднощів, модернізації ринку та зниження рентабельності частини заводів. Так, у 1990 році функціонувало 192 заводи, а в 20-х роках ХХІ ст. їх стало майже у 5 разів менше. Водночас модернізація працюючих підприємств і розширення можливостей щодо забезпечення сировиною дозволили зупинити падіння виробництва цукру. [12]

У різні роки кількість підприємств, що займалася виробництвом цукру, була не однаковою. Проте загальна тенденція свідчить про скорочення

кількості діючих цукрових заводів (рис. 1). Якщо на початку 1990-х років в Україні працювала значно більша кількість таких підприємств, то з часом їх число помітно зменшилося внаслідок економічних труднощів, модернізації ринку та зниження рентабельності частини заводів. Якщо у 1990 р функціонувало 192 заводи, то у 20-х роках XXI ст. їх стало майже у 5 разів менше. Водночас модернізація працюючих заводів і розширення можливостей щодо забезпечення сировиною дозволили зупинити падіння обсягів виробництва цукру. [10,11]

Цукрові буряки виступають головною сировиною для цукрової промисловості в Україні, Європі та інших країнах, розташованих у помірно-кліматичному поясі.

Буряк має дворічний цикл розвитку. Протягом першого року вона формує великий коренеплід та розетку листків біля землі, саме ці корені першого року містять цукор, тому їх збирають і відправляють на цукрові заводи для переробки. Якщо ж коренеплід залишити і висадити на другий рік, він дасть початок високому квітковому стеблу, на якому дозріватиме насіння буряка.[7]

Отримання високоякісного кристалічного цукру, з цукрових буряків - складна багатоступенева технологічна процедура. У середньому, коренеплід цукрового буряка містить від 20% до 25% сухих речовин, з яких безпосередньо сахароза становить 14 -18%. Майже вся цукроза, разом із частиною інших речовин, розчинена в клітинному соці буряка. Концентрація цього розчиненого соку в буряках називається соковим коефіцієнтом .

Як сировина для переробки, бурякові коренеплоди мають низку важливих властивостей: фізичних, хімічних, фізико-хімічних, біохімічних, мікробіологічних та технологічних.

Наприклад, фізичні властивості, такі як розмір і форма кореня, залежать від якості насіння та умов вирощування. Для ефективної переробки найбільш цінною є кругла форма коренеплодів та однаковий розмір.

Ще однією важливою властивістю є тургор (пружний стан клітинних стінок, спричинений внутрішнім тиском соку), який служить показником свіжості буряка. Високий тургор є дуже важливим, оскільки він забезпечує хорошу здатність кореня різатися на стружку і підвищує його стійкість до інфекцій.

Натомість структура тканин визначається їхньою дерев'янистістю. Якщо коріння занадто дерев'янисте, це ускладнює його якісне нарізання на цукрову стружку. [14]

Співвідношення між твердою частиною (м'якушем) і рідкою (соком) у коренеплодів цукрового буряка не є постійним. На нього впливають такі фактори, як сорт, ступінь зрілості та погодні умови. Найбільше рідини накопичено в м'якуші та зовнішніх карах кореня.

Технічно, великий вміст м'якуша ускладнює переробку, створюючи проблеми нарізання сировини, вилучення соку та збільшуючи кількість жому, крім того частиною сухих речовин м'якуша є пектини, котрі можуть забруднювати цукровий сік. тому для виробництва краще використовувати буряки з високим вмістом соку.

Ключовою фізика-хімічною характеристикою є здатність цукру до дифузії. Цей процес відбувається швидше у речовинах з меншою молекулярною вагою. Дифузію також можна прискорити, викликавши згортання білків у протоплазмі при термічній денатурації білків, яка робить стінки клітин більш податливими, що значно полегшує вивільнення цукру.

Для збереження якості сировини важлива висока водоутримуюча здатність кореня, адже вона забезпечує необхідну пружність. завдяки чому буряк може бути якісно нарізаний на стружку на початковому етапі виробництва.

хімічний склад цукрових буряків є визначальним для їх технологічних властивостей. Найважливішим показником є цукристість - відсоток сахарози від загальної маси кореня. Розподіл цього цукру всередині буряка нерівномірний: найменше сахарози накопичується у голівці (верхній частині),

середня кількість - у хвості, а найвища концентрація- у центральній частині. Від цукристості безпосередньо залежить ефективність виробництва: чим більше сахарози міститься в сировині, ти більший вихід кристалічного цукру буде отримано після переробки.[15]

Усі компоненти коренеплоду, крім сахарози, називаються нецукрами. Вони поділяються на дві групи: нерозчинні речовини (такі як структурні елементи - целюлоза, білки, сапонін, геміцелюлоза, протопектин.) і розчинні компоненти (до них належать амінокислоти,інвертний цукор, органічні речовини, органічні кислоти, пектин а також мінеральні сполуки). Ці нецукри часто спільно присутні як у соці, так і у м'якуші. Наприклад, значна частина білкових речовин знаходиться в соці, але деякі з них зв'язуються з пектинами м'якуша. Аналогічно, до 60% сапоніну зосереджується в твердій частині, тоді як решта залишається розчиненою у соці.

Зрілі цукрові буряки містять невелику частину так званих редукуючих речовин (інвертного цукру) - лише 0,05- 0,2% від загальної маси. Проте їхня концентрація може зростати під впливом кислот, або внаслідок певних біохімічних процесів. Присутність цього цукру небажана, оскільки під час стадії очистки, дефекації, він швидко розкладається, що призводить до утворення кислот, які не випадають в осад, а залишаються в розчині як кальцієві солі, що своєю чергою, посилює забарвлення цукрового соку. Більшість азотистих речовин може бути легко видалена із соку за допомогою вапна та нагрівання, однак деякі із них , зокрема амінокислоти та бетанін, є шкідливими для процесу виробництва. Ці сполуки ускладнюють кристалізацію сахарози і погано видаляються з соку, тому навіть після очищення залишаються у розчині.[16]

Пектинові та білкові сполуки, що перебувають у колоїдній формі, значно впливають на процеси виробництва цукру. Вони затримують проходження соку через фільтрувальні системи, ускладнюють рух продуктів у технологічних апаратах та створюють перешкоди для нормального перебігу

кристалізації у подальшого центрифугування утфеля. Це знижує ефективність процесу виробництва та призводить до додаткових витрат енергії та часу.

Мінеральні домішки, що утворюють зольний залишок також негативно впливають на переробку буряків. Вони сприяють підвищенню розчинності цукрози в розчинах, що ускладнює її кристалізацію та зменшує вихід готового цукру. Сапоніни, що присутні у соці, викликають інтенсивне пінення, як під час обробки, так і у процесах миття сировини, що ускладнює роботу обладнання та потребує застосування спеціальних методів для зменшення піноутворення. [16,17]

Біохімічні властивості коренеплодів визначаються активністю ферментів, що містяться в буряках. Ці ферменти можуть каталізувати гідроліз сахарози з утворенням глюкози та фруктози, внаслідок чого зростає кількість інвертного цукру. Підвищений вміст інвертного цукру небажаний, оскільки він погіршує перебіг кристалізації та може призвести до потемніння продукту

Стійкість тканин м'якуша до гідролізу порушується при зміні мікробіологічного стану буряка. Якщо коренеплоди уражені мікроорганізмами, їхня структура змінюється, збільшується кількість ферментів та продуктів розпаду. Хвороби отримані рослиною ще під час вегетації, ведуть до складнощів зі зберіганням та знижують придатність буряків до переробки безпосередньо після збирання.

Буряковий сік є сприятливим середовищем для існування мікрофлори, оскільки цукроза слугує живильним субстратом. Крім того, у соці містяться амінокислоти, органічні речовини, мінеральні солі, та фактори росту, що сприяють інтенсивному розмноженню бактерій і грибів. Тому, важливо, щоб у коренеплодах було якомога менше мікробної складової.

Структура м'якуша, ступінь його дерев'янистості визначають легкість різання коренеплоду, а також щільність і потужність бурякової стружки. Даний показник впливає на ефективність процесу дифузії. Чим кращий стан буряка за фізичними параметрами, тим вищий коефіцієнт дифузії. Здорові

коренеплоди віддають цукрозу значно швидше і повніше, ніж хворі, або уражені.

Доброякісність буряків, так само, як і чистота отриманого соку, залежить від співвідношення сахарози до інших сухих речовин. Чим вища концентрація цукрози, при меншому вмісті домішок, тим кращими будуть умови подальшої переробки.

Хмічний склад буряків визначає лужність соку та сиропів. На підвищення лужності впливають амідни, кальцій, магній, амінокислоти та аредуючі речовини. За зниженої лужності збільшується кількість кальцієвих солей, тоді як надмірне підвищення лужності погіршує процес кристалізації утфелю та може призвести до його нестабільної структури. [14, 16, 18]

Таким чином, фізичні, хімічні та мікробіологічні властивості буряків мають вирішальне значення для ефективності виробництва цукру, оскільки визначають якість соку, вихід цукрози, та стабільність технологічного процесу.

Для того, щоб цукрове виробництво було економічно ефективним, сировина має відповідати таким вимогам:

- корені повинні містити якнайбільшу кількість сахарози, а врожайність з гектара має забезпечувати високий вихід цукру;
- рослини не повинні мати ознак масового цвітіння, а тканини кореня мають залишатися м'якими без дерев'янистості, що забезпечує легкість його різання;
- форма коренеплоду в ідеалі має бути наближена до округлої, при цьому вміст цукру має бути рівномірно розподілений як у головній так і в хвостовій частинах;
- корені повинні характеризуватися низькою біологічною та фізіологічною активністю;
- сировина має добре утримувати вологу, та бути стійкою до низьких температур;
- буряки мають мати підвищену стійкість до різних захворювань;

- отриманий сік повинен бути чистим і придатним до легкого очищення;
- кількість колоїдних речовин у соці має бути мінімальною, так само, як і кількість небажаного азоту, розчинної золи, та інвертного цукру у корені. [18,19]

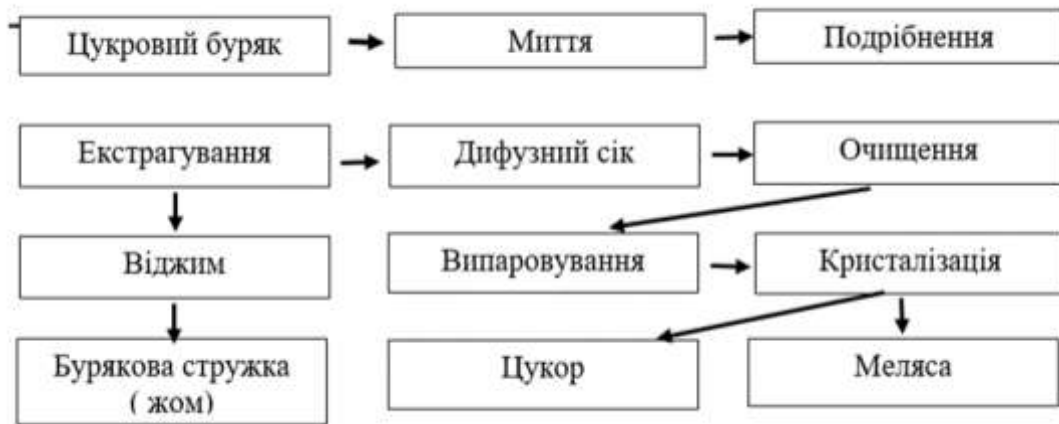


Рис.1.2. Схема технологічного процесу виробництва цукру. [20]

Організація подачі цукрових буряків на завод

Цукрові буряки надходять на завод із приймальних пунктів, попередньо доставляючи туди залізничним та автомобільним транспортом. Сировина вивантажується у спеціальні бурячні кагати, які спроектовані таким чином, щоб забезпечити запас буряків, достатній для 2-3 днів безперервної роботи заводу, що є необхідним для стабільного виробничого циклу.

Початок транспортування

Для переміщення буряків в цех використовується вода. Сховища обладнані спеціальними водобійними пристроями, які змивають коренеплоди у гідротранспортер. Для регулювання швидкості надходження буряків на подальшу переробку, на головному транспортері встановлені спеціальні механізми, такі як пальчасті турнікети, або пульсуючі шибери.

Очищення води та транспортування відходів

Значний об'єм транспортерно-мийної води, що пройшов через мийку та водовіддільники, містить багато органічних часточок, зокрема - уламків коренеплодів. Для їх видалення вода спочатку подається на барабанний

хвостикоуловлювач, а потім - на барабанний класифікатор для сортування. Класифікатор складається з двох паралельних барабанів зі щілиною понад 10-20 мм, дозволяє розділити відходи: великі відходи (понад 10мм) повертаються на бурякорізки для повторної переробки, а дрібні відходи направляються на транспортер віджатоного жому. При цьому слід суворо дотримуватися температурного режиму, вода що подає буряки, не повинна мати вищу температуру ніж 25 градусів цельсія.[20,21]

Фінальна підготовка та нарізання

Після підйому на елеватор буряки надходять на транспортер, де за допомогою магнітного сепаратора видаляються всі можливі металеві домішки. Далі коренеплоди зважуються на автоматичних вагах для точного обліку сировини. З ваг буряки потрапляють у бункер перед бурякорізками, де їх подрібнюють на стружку. Ця стружка транспортується до дифузійної установки на транспортері зі спеціальними стрічковими вагами, які необхідні для контролю та регулювання оптимального співвідношення між масою стружки та кількістю доданої води.

Бурякова стружка та вимоги до її якості

Отримання бурякової стружки є важливим етапом у виробництві цукру, оскільки саме від якості стружки залежить швидкість і повнота вилучення сахарози під час екстракції. Подрібнення коренеплодів здійснюється на спеціальному обладнанні- бурякорізка. Залежно від конструкції, принципу роботи, для отримання стружки застосовуються відцентрові, дискові і барабанні бурякорізки. На більшості цукрових заводів України поширене використання відцентрових бурякорізок з 12 або 16 - рамними ножовими системами.(Рис.1.2.)

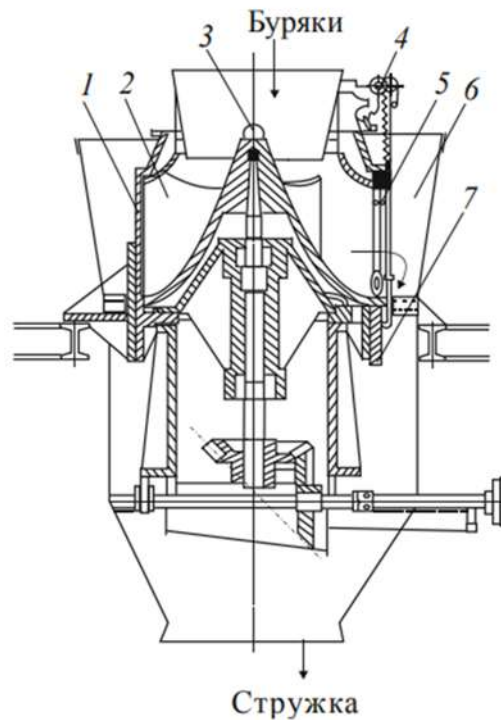


Рис. 1.3. Схема відцентрової бурякорізки:

1 - корпус; 2 - трилопатевий завиток; 3 - вал; 4 - рейкова лебідка; 5 - ножові рами; 6 - кожух; 7 - глуха рама.[20]

У таких бурякорізка ножі розташовані по колу та рухаються з великою швидкістю, що забезпечує якісне та рівномірне розрізання.

Якщо буряки мають дерев'янисту, або волокнисту структуру, під час їх переробки трапляються бур'яни, то на лезах різальних ножів можуть залишатися волокнисті частинки, котрі перешкоджатимуть створенню рівномірної стружки. щоб запобігти такому процесу, під час роботи бурякорізок завислі волокна з лез видувують струменем повітря під тиском 0,8-1,0 МПа. [22, 23]

Швидкість вилучення сахарози із буряків, а отже й продуктивність дифузійного обладнання та кількість цукру, що залишається в жомі, значною мірою визначаються якістю бурякової стружки. Для оцінювання якості стружки використовують кілька основних показників:

– довжина **100 г стружки** (м), що характеризує загальну поверхню, через яку відбувається екстрагування;

- **шведський фактор стружки**, тобто співвідношення маси довгих частинок (довжиною 5 см і більше) до маси коротких частинок (менше 1 см);
- **вміст відходів**, до яких належать надто короткі частинки (менше 1 см), надто товсті елементи неправильної форми та надтонка стружка (тонша 0,5 мм).

Для оцінки поверхні екстрагування визначають довжину стружки в наважці. На рифлену дошку завдовжки 1 метр розкладають 50 г стружки, вимірюють, скільки метрів займає ця кількість, а потім пропорційно перераховують показник на 100 г.

Для визначення шведського фактора зважують 100 г стружки. Із загальної маси відбирають і окремо зважують частинки завдовжки 5 см і більше, а також ті, що коротші за 1 см. Після цього масу довгих частинок ділять на масу коротких, отримуючи значення фактору, який характеризує якість подрібнення та придатність стружки до ефективного вилучення сахарози.

Довжина 100 г бурякової стружки має важливе значення для процесу екстрагування сахарози. Вона визначає загальну площу контакту між стружкою і екстрагентом, а також максимальну відстань, яку повинні пройти молекули сахарози від внутрішніх шарів стружки до її поверхні. Чим більшою є загальна довжина стружки в 100 г наважці, тим більша поверхня поділу фаз і тим менший шлях руху молекул сахарози. Це сприяє прискоренню процесу вилучення цукру. Отже, для підвищення швидкості екстрагування сахарози необхідно забезпечувати якомога більшу довжину стружки при збереженні її правильних розмірів.

Окрім контрольованих показників якості, до бурякової стружки висувають також певні технологічні вимоги. Поверхня стружки повинна бути гладкою, без тріщин чи рваних країв, що забезпечує рівномірний масообмін. По всій довжині вона має зберігати однакову товщину і чіткий профіль, а також характеризуватися достатньою питомою поверхнею для ефективного вилучення сахарози. Стружка повинна бути пружною і стійкою до механічних

навантажень — розриву, згинання та стискання. Поперечний переріз має бути простим і правильним за формою, найчастіше ромбовидним або квадратним, що забезпечує оптимальні умови для проходження процесу екстрагування.[23, 21, 24]

Фізико-хімічні основи екстракції сахарози із бурякової стружки

Екстракція сахарози є одним з основних технологічних процесів у цукробуряковому виробництві, що передбачає перехід цукру з твердої бурякової стружки у рідкий розчин (екстрагент).

Процес екстрагування сахарози є одним із ключових етапів у технології виробництва цукру з буряків. Він складається з двох основних стадій, що відбуваються послідовно.

Перша стадія полягає у дифузії сахарози всередині бурякової стружки-від внутрішніх шарів до її поверхні. Цей процес підпорядковується закону молекулярної дифузії і зумовлений різницею концентрації цукру в різних ділянках стружки. Іншими словами, сахароза переміщується з тих частин тканини, де її більше, у напрямку до поверхні, де концентрація нижча. Ця стадія описує переміщення речовин всередині твердого тіла.

Друга стадія починається тоді, коли сахароза досягає поверхні стружки. Вона переходить із твердого матеріалу у навколишній рідинний шар, тобто в екстрагент. Тут процес відбувається за законом конвективної дифузії, коли молекули сахарози проходять крізь нерухомий шар рідини та далі розчиняються в об'ємі екстрагенту. Цей етап поєднує дію двох фізичних явищ - дифузії та конвекції в рідкій фазі, що забезпечує повноцінне вилучення цукру з бурякової сировини.

Клітинні стінки бурякових коренів добре пропускають воду та розчинені речовини, зокрема й цукор. Проте жива протоплазма клітин має властивості напівпроникної мембрани, тому вона майже не пропускає сахарозу та інші компоненти клітинного соку.

Щоб забезпечити максимально повне вилучення цукру, стружку нагрівають до температури 60° С. За такої температури білки протоплазми

згортаються, переходячи у форму дрібних щільних частинок. Між ними утворюються мікроканали, через які сахароза та інші розчинні речовини можуть виходити до клітинних стінок і далі - за їх межі.

Процес екстрагування цукру зі стружки здійснюють за допомогою гарячої води у спеціальних дифузійних апаратах безперервної дії. Найчастіше для цього використовують дифузори шнекового типу, у яких стружка поступово переміщується назустріч потоку гарячої води, забезпечуючи рівномірне та ефективне вилучення сахарози.



Рис.1.4 Дифузний апарат шнекового типу.

Бурякову стружку попередньо ошпарюють гарячим соком у спеціальному апараті, щоб спричинити плазмоліз клітин. Після цього вона безперервно надходить у дифузійний апарат, де назустріч її руху подають воду температурою 72–75 °С при рН 6,2–6,5. Саме за допомогою цієї гарячої води відбувається вилучення цукру зі стружки. Під впливом нагрівання білки протоплазми згортаються, і структура клітин порушується, утворюючи дрібні проміжки, через які цукор і інші розчинні речовини можуть переходити назовні.

Далі нагріта стружка просувається всередині апарата за допомогою шнека: від одного його кінця до іншого. Під час цього руху вона віддає у водний потік сахарозу та частину розчинних домішок. У міру просування стружка поступово втрачає цукор, і на виході з апарата вона вже називається

жомом. Вміст цукру в такому жомі становить лише близько 0,20-0,28 % від його маси.

Сам процес вилучення цукру зі стружки називають дифузією або екстрагуванням. Екстрагуванням, у загальному розумінні, є процес виділення окремих компонентів із суміші за допомогою розчинника, який вибірково розчиняє лише ті речовини, що підлягають вилученню.

Екстракція сахарози є одним з основних технологічних процесів у цукробуряковому виробництві, що передбачає перехід цукру з твердої бурякової стружки у рідкий розчин (екстрагент). Цей процес відбувається у дві послідовні фази, кожна з яких керується різними механізмами дифузії:

Таким чином, успішна екстракція вимагає ефективного протікання обох стадій: як внутрішньої доставки сахарози до поверхні, так і її швидкого видалення в об'єм екстрагента.

Вилучення соку проводять у дифузійних апаратах, куди з одного боку безперервно подають подрібнену бурякову стружку, а назустріч їй — гарячу воду. На початковому етапі стружку ошпарюють водою з температурою 72–75 °С (див. рис. 1.6). Це спричиняє денатурацію протоплазми клітин буряка, яка до цього виконувала роль напівпроникної мембрани.[8, 9, 18]

Тривалість процесу дифузії становить 60–90 хвилин. У результаті отримують дифузійний сік з концентрацією цукру близько 15 % від маси переробленого буряка, а також жом — твердий залишок, що містить клітковину, геміцелюлози та пектинові речовини. (Рис.1.4.)



Рис 1.5. Дифузійний апарат [16]

Для подачі рідини в дифузійний апарат використовують три види води - барометричну, жомпресову та свіжу. Отриманий в процесі виробництва дифузійний сік є сприятливим середовищем існування та розвитку різноманітних мікроорганізмів, таких як бактерії, грибки та дріжджі. Деякі з них розкладають сахарозу, утворюючи моносахариди та продукти їхнього розпаду, зокрема органічні кислоти, що взаємодіють із кальцієм і утворюють розчинні солі. У свою чергу інші мікроорганізми, навпаки, синтезують із сахарози полімери глюкози та фруктози - декстран і левулан.

Основним джерелом забруднення дифузійної установки є сам буряк. Навіть на добре вмитих коренеплодах у 1 см³ води може міститися близько одного мільйона мікроорганізмів, а на недостатньо очищених від 10 до 20 мільйонів. Щоб зменшити інфікування, буряки ретельно промивають у водовідокремлювачів, використовуючи чисту, або за можливості хлоровану воду.

Другим джерелом забруднення є вода, що подається в дифузійний апарат. Особливо високий рівень мікробного забруднення спостерігається у воді з відкритих водойм, яку часто використовують повторно. Її температура

становить лише 45-50 градусів Цельсія, що є недостатнім для повної стерилізації. Під час підготовки таку воду обробляють сірчистим газом, який має виражені бактерицидні властивості. Крім того, барометричну воду перед подачею в апарат також піддають сульфитації для зниження її рН до 6,2-6,5, завдяки чому вона стає практично стерильною.

Третім джерелом мікробного забруднення є жомопресова вода. Її допускають у дифузійний апарат лише після пастеризації, нагрівання до температури 90 градусів Цельсія, з подальшим витримуванням у відстійнику. Така термічна обробка знищує всі життєздатні форми мікроорганізмів, залишаючи лише спороутворюючі, які в таких умовах є неактивними.

Для запобігання розвитку мікроорганізмів в дифузійній установці необхідно підтримувати температуру не нижче 70 градусів Цельсія. Про активізацію мікрофлори свідчить зниження рН дифузійного соку, нижче 6,2-6,5, оскільки в процесі їхньої життєдіяльності утворюються органічні кислоти. якщо навіть при правильному дотриманні технологічного і температурного режимів мікробний ріст не вдається зупинити, до дифузійного апарата вводять додаткові дезінфікуючі речовини.

Найчастіше з цією метою використовують формалін, однак останнім часом рекомендовано застосовувати аноліт як більш безпечний і ефективний.

Дифузійний сік, окрім сахарози, містить білки, амінокислоти, органічні речовини, мінеральні речовини та пектинові компоненти. Він має темне забарвлення, кислу реакцію та містить дрібні частинки мезги, тому потребує ретельного очищення. На початковому етапі з соку видаляють мезгу за допомогою безперервних мезговловлювачів. Це важливо, оскільки мезга містить протопектин, який у лужному середовищі переходить у розчинну форму і при подальшій обробці вапном він може утворювати желеподібний осад, що ускладнює фільтрацію. Далі сік очищають у кілька послідовних стадій: проводять першу дефекацію, першу сатурацію; другу дефекацію, другу сатурацію, а також сульфитацію - обробку соку діоксидом сірки (SO₃). Ці

процеси дозволяють видалити домішки та підготувати сік до подальшого випарювання і кристалізації. [18, 20, 24]

Фізико- хімічні основи технологічних процесів очищення дифузійного соку від нецукрів. Попереднє і основне вапнування.

Наявність нецукрів (у всіх речовин, окрім сахарози) у цукрових розчинах є серйозною перешкодою для ефективного цукрового виробництва. Вони негативно впливають на процес кристалізації сахарози та призводять до значних її втрат у кінцевому побічному продукті - мелясі. Основна проблема полягає в тому, що нецукри заважають кристалізації сахарози та значно збільшують втрати цукру в мелясі, кінцевому некристалізованому продукті. Встановлено, що лише одна частина нецукрів здатна утримувати в розчині 1,2-1,5 частин самої сахарози, не даючи їй кристалізуватися. Тому головним завданням виробництва є видалення видалення нецукрів з цукрових розчинів. (Рис.1.5.)

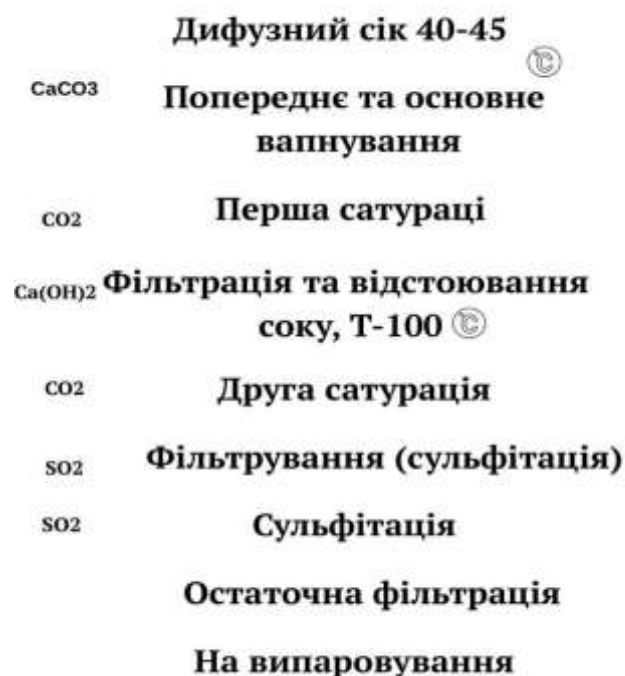


Рис. 1.6. Стадії очищення соку

Основним призначенням дефекації є очищення дифузійного соку від небажаних нецукрових домішок, зокрема кислот (фосфорної, щавлевої та інших), білків, пектину. Для досягнення цієї мети використовується вапняне

молоко, або простими словами розчин гашеного вапна. Внесення вапна зумовлює перебіг хімічних реакцій та фізичних перетворень в результаті чого: кислоти піддаються нейтралізації, утворюючи погано розчинні солі кальцію, які випадають в осад. Одночасно білки та пектин коагулюють і також утворюють осад, сприяючи ефективному очищенню соку.

Обробка вапняним молоком відбувається повільно у кілька технологічних стадій, при цьому кількість внесеного вапна (CaO) розраховується відносно маси перероблених буряків.[22, 25]

Стадії вапнування:

1. **Попереднє вапнування:** на цьому етапі до дифузійного соку додається невелика кількість вапна (0,25-0,30 % CaO);

2. **Основне вапнування:** головний етап, що передбачає введення значної кількості вапна -2-3% CaO до маси буряків;

3. **Вапнування перед II карбонізацією:** на завершення додається ще одна невелика порція вапна (0,2-0,6% CaO).

Згідно з поширеними схемами очищення (холодною, або тепло-гарячою), дифузійний сік спочатку надходить на прогресивне попереднє вапнування. У останню секцію апарату відомого, як преддефекатор, подається вапняне молоко, даний процес здійснюється для того, аби на виході з преддефекатора сік мав рН 10,8-11,2. Крім того у певну зону преддефекатора де рН знаходиться на рівні 8,5-9,2, додатково вводять 10-20% згущеної суспензії осаду I сатурації, або всю згущену суспензію осаду II сатурації. Після преддефекатора сік, який не підігрівався, прямує на перший ступінь основного випарювання. Цей ступінь може бути холодним (проводиться за температури 40-50 °С) або теплим (за 50-60 °С). Якщо застосовується комбінована схема очищення, то вся загальна доза вапняного молока - 2,0-3,0 % CaO до маси буряків - подається саме на цей перший ступінь основного вапнування. Тривалість холодного або теплого вапнування є короткою і становить 5-6 хвилин, чого цілком достатньо для забезпечення повного розчинення внесеного вапна.[9]

Основне завдання попереднього вапнування полягає у максимальній коагуляції низькомолекулярних домішок. Цей процес забезпечує формування щільного та компактного осаду, який буде стійким до високої лужності під час наступної основної дефекації. Додатково на цій стадії відбувається нейтралізація кислот, що у підсумку дозволяє отримати сік, який матиме відмінні показники фільтрації перед I карбонізацією.

Мета основного вапнування - досягти максимального розкладу нецукрів, що є нестійкими у лужному середовищі. На цьому етапі розкладається значна частина інвертного цукру (98-99%) та амідів (40-50 %). В результаті такої обробки отримують сік, який стає термостійким і придатним для подальшого випаровування у випарній установці без погіршення якості. Після завершення першого ступеня основного вапнування сік підігрівають до температури 85-90 °С. При цій високій температурі протягом 5-10 хвилин проводиться гаряче основне вапнування. Згодом, після гарячої обробки, сік самоплином направляється на наступний етап- I карбонізацію(сатурацію).

Перша сатурація є наступним етапом додаткового очищення, її мета полягає у видалення зважених часточок шляхом їх адсорбції на кристалах карбонату кальцію (CaCO_3), що свіжоутворюються. Ще одним процесом, що відбувається під час сатурації є розкладання сахаратів кальцію. Для перебігу цих процесів, сік разом з уже наявним осадом надходить у спеціальний апарат - сатуратор, де через нього продувають вуглекислий газ CO_2 і в результаті чого все надлишкове вапно випадає в осад у вигляді CaCO_3 .

Вуглекислий газ, необхідний для процесу карбонізації виробляється безпосередньо на самих заводах шляхом спалювання вапняку у спеціальних печах при високій температурі. Перша сатурація проходить у протиточному решітчастому сатураторі: дефекований сік подається зверху, а вуглекислий газ - знизу, крізь решітки. Ця реакція проходить при температурі 80-85 °С і триває близько 10 хвилин.

Далі слідує друга дефекація, перше завдання якої полягає у введенні до соку значної кількості вапна (2,0 -2,5 % CaO до загальної маси буряка). Мета

додавання цієї великої кількості вапна полягає у можливості отримати фізично активне вапно, що є критично важливим для забезпечення ефективних процесів адсорбції на наступній та другій сатурації, а також для покращення фільтраційних властивостей соку і досягнення повного його освітлення.

Друге завдання основної дефекації - розкладання речовин, нестійких у лужному середовищі. Під час цього етапу моносахариди розкладаються, утворюючи органічні кислоти, такі як мурашина, цукрова та молочна. Ці кислоти реагують з кальцієм формуючи розчинні солі. Цей процес розкладання моносахаридів завершується утворенням гумінових кислот. Хоча солі жирних кислот, що утворюються, формують важкорозчинні осади, їх незначна кількість не створює суттєвих проблем при виробництві.

Друга сатурація виконується з метою максимального зменшення вмісту розчиненого вапна та солей кальцію в соці. Тривалість цієї стадії 8-10 хвилин, при температурі 101-102 °С.

Після проходження стадій обробки, наступним кроком є фільтрація, яка необхідна для повного видалення всіх частинок які не випали в осад під час попередніх етапів. Здійснюється під тиском 0,3-0,4 МПа та при температурі 80-90°С, за допомогою фільтр-пресів, або дискових фільтрів. Особливістю цієї фільтрації є те, що фільтри не промиваються, а осад, що утворився повертається до повторного використання на стадію першої дефекації, а потім виводиться з виробництва разом із загальним осадом першої сатурації.

Сульфітація є фінальною стадією очищення цукрового соку, яка полягає в його обробці діоксидом сірки SO_2 . Основне завдання даного етапу - знебарвлення соку, зниження його в'язкості та знезаражування. SO_2 отримують на заводах спалюючи в спеціальних печах сірку, в результаті чого утворюється сірчистий газ. При пропусканні SO_2 крізь сік утворюється сірчиста кислота, це призводить до знебарвлення та зниження лужності соку. Сульфітація проводиться в зрошувальних, або рідинно-струменевих сульфітаторах триває близько 5 хвилин. Витрати сірки на цю стадію становлять: 15 кг на 100 тонн буряка.[17]

Для повного очищення сік обов'язково піддають додатковій, контрольній фільтрації, яка здійснюється за допомогою мішкового фільтра, який являє собою прямокутний конус з похилим дном. Тривалість процесу від 2 до 3 годин, фільтри після використання відправляються на мийку. [14, 15, 19]

Випарювання

Випарювання є необхідною технологічною операцією, спрямованою на підвищення концентрації сухих речовин у вже очищеному соці. Початковий сік, що надходить на дану стадію, містить 14-15% сухих речовин, тоді, як кінцевий продукт, тобто сироп- має концентрацію близько 65%. Для цього процесу використовуються сучасні випарні установки, які зазвичай складаються з чотирьох чи шести корпусів з'єднаних послідовно.

Кожен апарат включає основний корпус та поверхню нагрівання, розміщену всередині.

Сік, який надходить на згущення вже є насиченим розчином важкорозчинних солей кальці, які інтенсивно випадають в осад у процесі випарювання. Слід відзначити, що зі зростанням концентрації сахарози, розчинність багатьох солей знижується, викликаючи їх додаткове осадження. Частина цих нерозчинних кальцієвих солей осідає безпосередньо на нагрівальних поверхнях випарної установки, утворюючи накип, що в подальшому погіршує ефективність теплопередачі і, як наслідок, знижує продуктивність установки.[21]

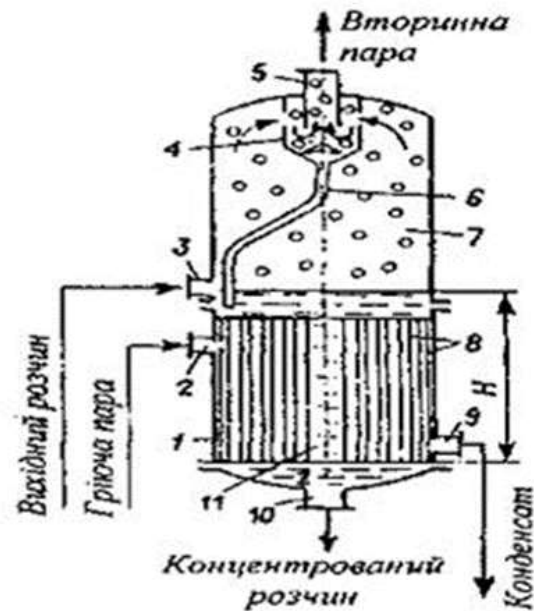


Рис. 1.7. Принципова схема випарного апарату з природною циркуляцією [21]

Кристалізація

Кристалізація сахарози здійснюється шляхом уварювання сиропу у вакуум-апаратах періодичної дії. Процес поділяється на три стадії:

- 1.Згущення сиропу до моменту перенасиченого розчину;
- 2.Заводка - додавання тонко подрібненої цукрової пудри, яка слугує основою для створення центрів кристалізації сахарози у розчині;
- 3.Нарощування кристалів цукру;
- 4.Остаточне згущення і спуск утфелю, кристалічної маси.

Після введення цукрової пудри, що створює первинні центри кристалізації, до апарату поступово додають сироп, підігрітий на 2-3 °С вище, ніж температура маси в апараті. Коли цей підігрітий сироп потрапляє в апарат, де підтримується знижений тиск, він бурхливо закипає. Кипіння забезпечує перемішування маси та вирівнювання концентрації. цей стан є оптимальним, оскільки він дозволяє вже існуючим кристалам нарощуватися. при цьому запобігаючи утворення нових, небажаних центрів кристалізації.

Продукт утворений після завершення уварювання сиропу називається утфелем. Отриманий утфель необхідно розділити на дві складові. Розділення відбувається в швидкісних центрифугах, де утфель поділяється на товарний

цукор-пісок та міжкристалеий розчин - відтік. Згодом відтік направляють на додаткові етапи для вилучення з нього цукру. Оскільки на кристалах цукру залишається тонка плівка, що надає йому жовтуватого кольору, цукор піддають промиванню, використовуючи для цього невелику кількість води нагрітої до 90-100 градусів, в результаті чого утворюється другий відтік. [14, 15]

Сушіння та фінішна обробка

З автоматизованих центрифуг виходить цукор-пісок із вологістю приблизно 0,8-1,2 %. При такій волозі він має тенденцію до грудкування і є вразливим до пошкоджень під час транспортування. Тому, цукор відправляють на сушіння до волості 0,14%, після чого його охолоджують. Далі, для забезпечення чистоти цукор очищають від феромагнітних домішок, адалі, у сортувальній машині розсіюють вже готовий, чистий цукор, поділяючи його на необхідні фракції.(Рис.1.7)



Рис.1.8 Розділення цукру на фракції. [17]

Для підвищення загального виходу та якості кінцевого продукту, жовтий цукор повертається і технологічний процес шляхом його розчинення. Розчин жовтого кольору (клеровку) потім домішують до випарного сиропу перед подачею на II сатурацію.

Відтік отриманий після центрифугування кристалічної маси, відомий як кормова патока, або меляса і є цінною кормовою добавкою для сільськогосподарських тварин.[18]

Умови зберігання

На сучасних підприємствах вихід чистого цукру залежить від цукристості переробленої сировини і зазвичай становить 10-14 % від маси буряків.

Для зберігання готового цукру-піску використовують чисті, сухі склади, які можуть бути як опалюваними, так і неопалюваними, але важливо підтримувати в них стабільну температуру. Щоб запобігти зволоженню цукру відносна вологість повітря у приміщенні повинна бути нижчою за 70% . Мішки з цукром складаються в штабелі на спеціальні підвищення з брусків або дощок, при цьому обов'язково залишаються продиhi заввишки 0,7 м. уздовж стін і між самими штабелями для забезпечення доступу до вентиляції.[25]

Відходи виробництва

Одним із головних відходів цукрового виробництва є жом, вихід якого становить приблизно 90% від маси перероблених буряків. Свіжий жом містить переважно воду (близько 93%), а також сухі речовини - 6-7 %. Жом вважається цінним кормовим продуктом, для худоби і може використовуватися у свіжому, кислому, або сухому вигляді.

Для підвищення кормової цінності та покращення транспортабельності жом піддають сушінню. Перед сушінням половина води видаляється шляхом пресування, потім жом сушать у барабанних сушарках. сухий жом становить близько 8% від загальної маси сирого і містить приблизно 90% сухих речовин. Він добре зберігається, а його поживність порівнюється з поживність вівса.

Кормова потока, відома як меляса (відтік після кристалізації утфелю), становить 3,5-5% від маси перероблених буряків і містить близько 50 % цукру. Основна частина меляси використовується для виробництва етилового спирту, також є цінною добавкою для отримання низки важливих продуктів, включаючи хлібопекарській дріжджі, молочну, лимонну та глютамінову кислоту, які зокрема, використовуються у фармацевтичній промисловості.

Дефекат - осад, що утворився після дефекації, складає 5-6% від маси перероблених буряків. Його склад включає близько 80% карбонату кальцію

(CaCO₃), а також солі фосфорної кислоти та азотисті речовини. Завдяки високому вмісту карбонату кальцію, дефекації ефективно використовують, як вапняне добриво для кислих ґрунтів. [24]

Отже, виробництво цукру з цукрових буряків являє собою складний, багаторівневий технологічний процес, кінцевою метою якого є отримання високоякісної кристалічної сахарози. Ключовим фактором успіху технологічного процесу є сировина, зокрема її цукристість, вміст нецукрів та стійкість до мікрофлори.

Технологічний цикл починається з переробки сировини: очищення та подрібнення буряків, екстракції сахарози з бурякової стружки методом дифузії у гарячій воді, для отримання дифузійного соку, що містить сахарозу у розчиненому вигляді. Наступний етап-багатостадійне очищення соку від колоїдів, та розчинених нецукрів, що включає: -дефекацію(обробку вапном);- карбонізацію (обробку вуглекислим газом); - сульфитацію (обробку сірчистим газом). Завершальні етапи виробництва охоплюються загущення очищеного соку у вакуум-апаратах, кристалізацію шляхом утворення утфелю (кристалічної маси) та центрифугування для відділення кристалів цукру-піску від міжкристалевого розчину(відтоку), частина якого повертається у виробничий цикл для повторної переробки.

В результаті, цспішність виробництва залежить від точного контролю та постійного моніторингу за хімічними і фізичними властивостями сировини та суворого дотримання температурних режимів, необхідних для денатурації білків і пригнічення мікрофлори, та забезпечення максимально ефективного видалення нецукрів на всіх стадіях очищення.[25]

1.3. Потенційний вплив цукрового виробництва на водні ресурси

Цукрова промисловість є ключовою галуззю економіки, що вирізняється великими обсягами виробництва, значною кількістю підприємств та високим рівнем технологічного забезпечення. Вона також потребує потужних виробничих потужностей і кваліфікованого персоналу.

Водночас, ця галузь є однією з технологічно найскладніших серед усіх підгалузей харчової промисловості. Ця складність технологічних процесів має суттєвий негативний вплив на довкілля, що виражається у значних викидах шкідливих речовин в атмосферу, великому споживанні води та утворенні значної кількості відходів під час виробництва.

Цукрове виробництва вимагає надзвичайно великої кількості води: для отримання одного кілограму цукру з цукрових буряків витрачається до 920 літрів води.

Внаслідок виробничого циклу утворюється великий обсяг стічних вод, насичених органічними компонентами та солями. Якщо ці стоки безпосередньо складатимуться у довкілля без попередньої обробки, то це нестиме серйозну загрозу та може мати значні негативні наслідки для навколишнього середовища. Склад та обсяг таких вод, що генерують цукрові заводи в процесі своєї діяльності - не є сталими. Вони формуються під впливом кількох ключових факторів: якості та стану буряка, що надходить на переробку та технологічного типу обладнання, що використовується на підприємстві.

Стічні води цукрових заводів залежно від забрудненості поділяються на три категорії:

До першої категорії належить вода, що застосовується для охолодження апаратів, агрегатів і механізмів, а також конденсати технологічної пари. Стоки I категорії ділиться на дві групи А та В.

До групи А води I категорії відносять воду, яку використовували для охолодження останнього утфеля, сльфітаційного газу, насосів, а також надлишок холодної води. Така відпрацьована вода практично не змінює свого хімічного складу порівняно з вихідною, але її температура зростає на 5-10°C.

Вода I категорії групи В (барометрична, аміачна, конденсат відпрацьованої пари) характеризується температурою 40-50 °C і вище. На відміну від групи А, у воді групи В окрім конденсату пари містяться аміак, і незначна кількість органічних домішок.

До води II категорії належать транспортерно - мийна вода, що утворюється під час роботи гідротранспортера, бурякомийки, буряконасосів та бурякового елеватора. Після механічного очищення та дезінфекції цю воду знову використовують у замкненому циклі для тих самих потреб, а її надлишки відводять у каналізацію.

III категорія об'єднує всі відпрацьовані води, які не задіяні в оборотних системах заводу та направляються на загальнозаводські очисні споруди. Води III категорії теж діляться на групи А і Б. До вод III категорії групи А належить жомопресова вода, до вод Б категорії - відстій жомопресованої води, густий осад технічно-мийної води, вода після відстоювання фільтраційного осаду, вода з газопромивачів, а також господарсько-побутові стоки. [4]

Стічні води, що утворюються на виробництві, вимагають різного підходу до очищення залежно від їхньої категорії. Найбільш чистими вважаються стоки I категорії, їх можна одразу повертати у виробничий цикл для повторного використання, оскільки вони не потребують спеціального очищення. Водночас стоки II категорії вимагають обов'язкової попередньої механічної фільтрації перед тим, як їх можна буде знову використовувати у виробництві. Найбільшу екологічну небезпеку несуть води III категорії. Ця небезпека обумовлена високим вмістом органіки, яка схильна до швидкого окиснення, бродіння, загнивання, що може критично вплинути на стан водойм. З огляду на цей значний ризик, оцінка впливу на довкілля для підприємств харчової промисловості є необхідною та життєво важливою складовою їхнього функціонування.[3]

1.4. Законодавча база та нормативно-правові акти України у сфері охорони водних ресурсів.

Система правового регулювання у цій сфері формується на основі Конституції України, міжнародних договорів, законів та підзаконних нормативно-правових актів. До неї також входять державні стандарти, правила, норми та програми, що спрямовані на охорону, раціональне

використання і відновлення водних ресурсів, а тако на запобігання їх забрудненню, засміченню та виснаженню.

Одним із основних законодавчих актів, що регулюють питання охорони водних ресурсів, є Конституція України 1996 року [26], яка закріплює право кожного громадянина на безпечне для життя і здоров'я довкілля та покладає на державу обов'язок забезпечувати екологічну безпеку у підтримувати екологічну рівновагу.

Наступним, не менш важливим є “Водний кодекс України” (1995 р), що є основним кодифікаційним актом, який регулює правові засади та використання та охорони вод. Основні положення документу :

- Розмежовує повноваження органів державної влади у сфері управління водними ресурсами;

- Встановлює правила спеціального водокористування;

- Визначає вимоги до охорони вод стосовно забруднення, засмічення та вичерпання;

- Передбачає зони санітарної охорони джерел питного водопостачання;

- Встановлює обов'язковість дотримання гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин у водних об'єктах. [27]

Закон України “ Про охорону навколишнього середовища” 1991 року:

- визначає загальні засади державної політики у сфері охорони довкілля;

- регламентує екологічну експертизу, екологічні стандарти, нормативи і контроль;

- встановлює відповідальність підприємств за забруднення природних вод. [28]

Закон України “Про оцінку впливу на довкілля” 2017 року, забезпечує превентивний контроль, вимагає, щоб суб'єкти господарювання ще на стадії планування оцінювали сукупний вплив діяльності на водні об'єкти та інші компоненти довкілля. [29]

Закон “Про водовідведення та очищення стічних вод” 2023 року. Цей Закон визначає правові, економічні та організаційні засади функціонування системи відновлення, а також встановлює вимоги до очищення стічних вод. [30]

Податковий кодекс України - регулює плату за спеціальне водокористування, тобто екологічний податок. [31]

Підзаконні нормативно-правові акти та стандарти:

Постанова Кабінету Міністрів України № 1100 від 13.03.2002 р.- *“Про затвердження Порядку видачі дозволів на спеціальне водокористування”*. Визначає процедуру отримання дозволу підприємствами на забір води та скидання стічних вод у водні об’єкти. Постанова КМУ №758 від 25.03.1999 р. - *“Про затвердження Порядку визначення розмірів збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону вод”*. Містить формули для розрахунків штрафів за понаднормові скиди забруднюючих речовин.

Державні стандартні правила і норми (ДСанПН 2.2.4-171-10) встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у воді для різних цілей водокористування.

Україна є учасником низки міжнародних договорів щодо охорони та використання водних ресурсів, ключовими серед яких є:

Конвенція про охорону та використання транскордонних водотоків і міжнародних озер (Гельсінкі, 1992) : спрямована на співпрацю щодо питань з використання та охорони спільних водних об’єктів.

Орхуська конвенція 1998: гарантує право громадян на доступ до екологічної інформації , зокрема, щодо стану водних ресурсів.

Європейськ аводна рамкова дериктива (2000/60 ЄС): Україна поступово впроваджує її норми, що передбачає перехід до басейнового принципу управління водними ресурсами.

Оцінка якості поверхневих вод здійснюється на основі аналізу величин гідрохімічних показників у порівнянні з відповідними значеннями їх гранично допустимих концентрацій (ГДК) та фоновими показниками.

Гранично допустимі концентрації гідрохімічних показників для поверхневих вод із зазначенням одиниці вимірювання наведено у **Додатку 1**. [32]

Загалом законодавча база України у сфері водних ресурсів достатньо сформована та охоплює всі етапи водокористування від видобутку до очищення та моніторингу. Проте, ключова проблема полягає у низькій ефективності контролю за дотриманням цих норм та правил. Додатковими перешкодами є застарілі технології очищення стічних вод, недостатнє фінансування модернізації водоочисних споруд, а також вплив людського фактору.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика річки Случ.

Хмельницька область розташована у межах лісостепової зони, охоплюючи центральну і західну частину Волино-Подільської височини та західний схил Українського кристалічного щита.

Для цієї території характерний помірно-континентальний клімат з теплим літом, м'якою зимою та значною кількістю опадів. Формування цього клімату зумовлене низкою чинників. Географічна широта є ключовим з них, оскільки вона визначає висоту Сонця над горизонтом і відповідно, обсяг надходження сонячної радіації. [33]

Водні ресурси Хмельницької області включають поверхневі та підземні води. Головну частину поверхневих ресурсів складають річки, які формують їхній сумарний стік.

Річка Случ збирає свої води в межах Теофіпольського, Красилівського, Старокостянтинівського районів, а її басейн розташований в центрі Хмельницької області. Витік Случі знаходиться на схилах Верхньобузької височини біля села Червоний Случ Теофіпольського району. Річка протікає в межах Волино-Подільського плато, що є частиною кристалічного масиву. Русло річки добре виражене вздовж усієї її долини. Його ширина коливається, становлячи в середньому 15-30 метрів, а глибина - від 0,5 до 3,0 метрів. [34,35]

Вода річки Случ класифікується як середньо мінералізована, належить до гідрокарбонатного класу і кальцієвої групи.

Случ має велику кількість приток. До найбільших лівих належать : Ікопоть, Деревичка, Хомора, Смілка, Церем, Корчик, Устя, Стубель, Стави, Серегівка, Язвинка та Михайлівка. Серед правих приток віділяють: Дорогань, Нмилянку, Цвіллю, Бобер, Торчок, Тюкелівку, Попівку та Тустань. [36]

2.2. Характеристика ТОВ “Старокостянтинівцукор” як потенційного джерела впливу

ТОВ “Старокостянтинівцукор” - це виробничий комплекс розташований, розташований за адресою: Україна, Хмельницька обл., місто Старокостянтинів, провулок Гофмана, 10. Його основна діяльність зосереджена на переробці цукрових буряків та виробництві цукру. За структурою своїх технологічних процесів і супутніми відходами підприємство є типовим для цукрової промисловості України. [30]

Структура Старокостянтинівського цукрового заводу (Рис.2.1) складається з 10 комплексів, що знаходяться на території заводу.



Рис.2.1. Аерознімок Старокостянтинівського цукрового заводу.

До першого комплексу належить бурякопункт. Бурякопункт обладнаний кількома ключовими об’єктами для приймання та підготовки сировини:

1. ваговий комплекс - призначений для зважування і контролю кількості цукрових буряків, що надходять для подальшої переробки;
2. сировинна лабораторія - тут здійснюється аналіз якості коренеплодів на відповідність державному стандарту ДСТУ 4327: 2004;

3. Кагатне поле - це ділянка, яка використовується для тимчасового зберігання буряків у так званих кагатах. На цій території також відбувається очищення коренеплодів від легких і важких домішок, їхнє складування та подавання безпосередньо на цукровий завод.

Бурякопереробне відділення є важливим вузлом, де сировина готується до екстракції. Тут здійснюється гідравлічна подача буряка на завод, його очищення від домішок, подрібнення і отримання дифузійного соку.

Після первинної обробки сировина потрапляє до головного корпусу, який об'єднує :

-Сокоочисне відділення -де відбувається кілька процесів для покращення якості соку та сиропу: вапняно-вуглекислотне очищення, фільтрування рідин, а також згущення соку шляхом випаровування води.

-Вапнякове відділення - відповідає за виробництва реагентів. Тут виконується випалювання вапнякового каменю у вапняно- газовій печі для отримання вапна та сатураційного газу.Потім проводиться гасіння вапна та очищення цього молока і сатураційного загу від сторонніх домішок.

-Відділення продукту- це фінальний етап, на якому відбувається перетворення сиропу на готовий цукор. Основні процеси включають: уварювання, кристалізацію та центрифугування утфелю, а потім сушіння, охолодження і пакування цукру.

-Жомосушильне відділення виконує обробку вторинної сировини: тут відбувається пресування, сушіння та гранулювання жому.

У складах готової продукції здійснюється складування в штабелі на зберігання та подальше відвантаження упакованого цукру.

На території заводу розташована власна ТЕЦ. Її призначення - забезпечувати потреби виробництва в енергії, генерувати теплову енергію (у вигляді пари) та електричний струм під час сезону переробки.

Як і на будь-якому великому виробництві, тут працюють ремонтні цехи, включно з ремонтно-будівельними, ремонтно-механічною майстернею та

електроцехом, які забезпечують безперебійну роботу обладнання та інфраструктури.

Цех механізації відповідає за автотранспортне обладнання заводу, зокрема надає вантажно-розвантажувальну техніку.

Поля фільтрації та відстійники є обов'язковими елементами інфраструктури цукрозаводу, де відбувається природне і біологічне очищення стічних вод підприємства.

На території заводу знаходиться елеватор - високо механізоване сховище силосного типу, призначене для зберігання великих обсягів зерна та доведення його до необхідного кондиційного стану. Виробнича потужність елеватора 50 т/годину. Силоса для зберігання зерна місткістю 1 тис. т -6 шт. Бункера вилучені 2 штуки місткістю 20 т. Сушарка місткістю 16 т.[37, 38]

Згідно з інформацією з відкритих джерел, фактична добова потужність заводу становить приблизно 4 300 тонн буряків. При повній завантаженості виробничих ліній це дозволяє виробляти близько 700 тонн цукру на добу. [39]

Діяльність значних промислових об'єктів, особливо у харчовій галузі, які використовують великі обсяги органічної сировини в сезонному режимі, створює одну з головних загроз поверхневих водних ресурсів. ТОВ "Старокостянтинівцукор" не є винятком: його робота, особливо під час сезону цукроваріння, вимагає значного споживання води і призводить до утворення великої кількості стічних вод, які скидаються у басейн річки Случ.[40]

Стічні води цукрового заводу поділяються на категорії, наведені в таблиці 2.1, кожна з яких може мати певний негативний вплив на річку.

Таблиця 2.1.

Категорії стічних вод та їх потенційний вплив на річку Случ.

Категорія стічних вод	Основні забруднюючі речовини	Потенційний вплив на річку Случ
Висококонцентровані (жомопресова вода, фільтраційний осад).	Цукри, органічні речовини, азотисті сполуки, завислі речовини.	Різде збільшення біохімічного споживання кисню, що спричиняє кисневе голодування та масову загибель риб та інших водних організмів.
Стічні води від миття буряків.	Грунти, глина, пісок, залишки коренеплодів, мінеральні та органічні часточки.	Замулення русла, підвищення каламутності води, що пригнічує фотосинтез.
Інші виробничі та побутові стоки.	Вапно, мікроорганізми.	Зміна кислотності (рН) води, мікробіологічне забруднення.

Отже, скиди стічних вод є комплексною загрозою для екосистеми річки Случ і можуть погіршувати якість води за хімічними, фізичними та біологічними показниками. Для уникнення негативного впливу слід здійснювати постійний контроль за системами очищення, що розміщені на території заводу, їхньою справністю та ефективністю.

2.3. Практична частина. Вибір пунктів відбору води та проведення аналізів.

Головною метою моєї роботи є встановлення наявності, або ж відсутності негативного впливу на екосистему річки Случ з боку ТОВ “Старокостянтинівцукор”.

Для отримання достовірних результатів дослідження стану поверхневих вод поблизу підприємства харчової галузі ТОВ “Старокостянтинівцукор”, дослідження було проведено в два етапи. Перший етап - відбір і аналіз проб води з двох пунктів : 1- перед підприємством, 2 - за ним, в період “спокою” цукрозаводу (13-14 липня). Другий етап складався з відбору й аналізу проб води з тих самих точок, тільки вже при безпосередній роботі заводу і припав на 13-14 жовтня.

Перший, практичний етап дослідження проходив з 13 по 14 липня. В ці дні я здійснила відбір проб води р. Случ, в задалегідь вибраних пунктах відбору проб (Рис.2.1), та їх аналіз в фізико-хімічній лабораторії.

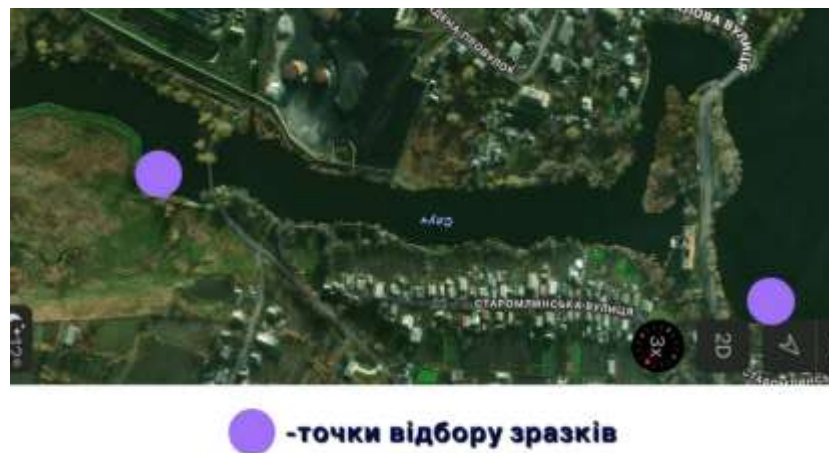


Рис.2.1. Точки відбору зразків води

Отже, першу частину дослідження я виконувала в середині липня, обравши для себе дві точки відбору проб води. Перша точка відбору знаходиться вище по течії від ТОВ “Старокостянтинівцукор”, вода в цьому місці не може піддаватися впливу заводу, інша - нижче.



Рис.2.2. Відбір зразка води з першого пункту.



Рис.2.3. Відбір зразка води з другого пункту.

Друга частина дослідження була проведена 13-14 жовтня.



Рис.2.4. Відбір проб води з першого пункту



Рис. 2.5. Відбір проб води з другого пункту

Також мною була обстежена територія навколо підприємства. В ході огляду був виявлений канал, що веде з території до самої річки.



Рис. 2.6. Канал заводу



Рис. 2.7. Фото каналу з різницею в три місяці

Проведення аналізів

Після відбору, проби зберігалися в холодильнику, де після двох годин стабілізації температури води я виконувала аналізи.

Свою роботу розпочала з фільтрування води. (Рис. 2.8)



Рис.2.8. Фільтрація зразків води.

Наступним кроком було проведення простих вимірювань, таких як: каламутність та кислотно-лужний баланс (рН), з відфільтрованих зразків. (Рис. 2.9.)



Рис.2.9. З лівого боку прилад для вимірювання каламутності; з правого - рН метр.

Отже, каламутність води в літній період - надзвичайно висока в обох усереднених пробах: 111 НОК (1 проба) та 86,2 НОК (2 проба); в осінній - 96

НОК (1проба), 82,5 - друга НОК. Загалом такі показники свідчать про значну кількість завислих частинок, таких як глина, пісок та органіка.

За результатами обох періодів вимірювання, влітку та восени , усі вимірювання значення рН не відповідають нормативним вимогам ГДК (6,5-8,5). Літній період: проба 1- рН 9,01, проба 2 - рН 9,42. Осінній період : проба 1 - рН 9,01, проба 2- рН 9,42.

Підвищення рН у поверхневих водах може бути результатом поєднання природних і антропогенних чинників. Серед природних - фільтрація води через вапнякові породи та інтенсивний фотосинтез водних рослин. Людська діяльність - скидання лужних промислових стоків. Результатом такого впливу може стати перетворення відносно безпечного амонію на високотоксичний аміак, що може призвести до пошкоджень зябер та слизових оболонок, порушення доступності поживних речовин та навіть до загибелі водних організмів.

Визначення хлоридів МВВ №081/12-0653-09. Хоча хлориди не є токсичними у звичайних концентраціях, їхній контроль є критично важливим для оцінки рівня мінералізації та антропогенного забруднення річкових систем. [41].

Результати двох вимірювань показують, що концентрація хлоридів у зразках води , як за липень : проба 1-0,63 мг/дм³, проба 2 - 0,68 мг/дм³, так і за серпень : проба 1 - 0,77 мг/дм³, проба 2 - 0,84 мг/дм³ - є надзвичайно низькою і не перевищує ГДК, що для господарсько-побутових вод становить 350 мг/дм³ а для рибогосподарських - 300 мг/дм³

Сульфати. У високих концентраціях значно підвищують загальну мінералізацію води. Визначалися за ГОСТ 4389-72, в результаті чого були отримані наступні результати літнього вимірювання : концентрації у першій пробі - 0,736 мг/дм³, та 0,737 мг/дм³ – у другій пробі, є майже ідентичними. Під час аналізу проб води восени, маємо наступні результати: перша проба - 0,750 мг/дм³; друга - 0,761 мг/дм³.

Отже, результати всіх вимірювань сульфатів демонструють надзвичайно низьку концентрацію даної сполуки в обох зразка.

Визначення амонію МВВ№081/12-0106-03. Амоній є токсичним для водних організмів, особливо для риб, навіть у відносно низьких концентраціях, оскільки він може порушувати їхні фізіологічні процеси. [42]

Результати літнього аналізу виявилися значно нижчими за встановлені ГДК для всіх видів водокористування:

- ❖ Усереднена проба 1 - 0,193 мг/дм³
- ❖ Усереднена проба 2 - 0,151 мг/ дм³

Результати аналізу проведеного восени:

- ❖ Усереднена проба 1- 0,588 мг/дм³
- ❖ Усереднена проба 2 - 0,611 мг/дм³

У осінній період спостерігається помірне зростання концентрації амонію, особливо у другій пробі, проте ці показники залишаються в межах норми, для господарсько-побутових вод, ГДК для яких складає 2 мг/дм³, а от для рибогосподарських вод (ГДК 0,5-1,0 мг/дм³), ці значення наближаються до верхньої межі норми, що вказує на помірне сезонне погіршення якості води. Така вода може нести небезпеку, для чутливих водних організмів, особливо враховуючи раніше зафіксований високий рН, який посилює токсичність аміаку.

Визначення вмісту нітратів (Рис 2.10), 2МВВ№081/12-0651-09 [43]

Підвищений вміст нітратів у воді є яскравим свідченням людської діяльності, зокрема, інтенсивного використання азотних добрив у сільському господарстві, скидів неочищених або недостатньо очищених комунальних та промислових стічних вод.

Нітрати є поживними речовинами для водоростей. Їхній надлишок у водоймах призводить до “цвітіння” води, так званої евтрофікації, що викликає дефіцит кисню, загибель риб та загальне погіршення екологічного стану водних екосистем.



Рис 2.10. Визначення вмісту нітратів

Результат першого вимірювання: проба 1 - 0,059 мг/дм³; проба 2 - 0,046 мг/дм³. Результати другого вимірювання: проба 1 - 0,070 мг/дм³; проба 2 - 0,080 мг/дм³. Результати аналізу концентрації нітратів демонструють надзвичайно низькі концентрації, як в період першого, так і в період другого вимірювань.

Визначення вмісту нітритів (Рис. 2.11), у воді проводилося за КНД 211.1.4.023-95 [44]. Нітрити є проміжною ланкою у процесі окиснення амонію до нітратів під впливом мікроорганізмів. Наявність нітритів у значних концентраціях свідчить про свіже, або поточне забруднення води органічними речовинами.



Рис. 2.11. Визначення вмісту нітритів у зразках.

Перше вимірювання : усереднена проба 1- 0,108/ мг/дм³; усереднена проба 2 - 0,045 мг/дм³. Обидва значення знаходяться в межах норми для

господарсько-побутових вод, проте проба 1 перевищує ГДК (0,08 мг/дм³), для рибогосподарських вод.

Друге вимірювання: усереднена проба 1 - 0,120 мг/дм³; усереднена проба 2 - 0,069 мг/дм³. Тут також спостерігається перевищення норм у першій пробі, для рибогосподарських вод.

Визначення хімічного споживання кисню (ХСК), тобто кількості кисню необхідного для повного хімічного окислення органічних та неорганічних речовин, (Рис.2.12.) проводилося згідно ДСТУ ISO 6060:2003, котрий є фундаментальним стандартом для хімічного аналізу води, що забезпечує надійну оцінку її забруднення та є важливим інструментом для екологічного моніторингу та управління водними ресурсами. [45]



Рис.2.12. Процес нагрівання зразка.

Після проведення дослідів, маємо наступні результати:

Перше вимірювання - усереднена проба 1 має ХСК 106 мгО/дм³; - усереднена проба 2 має ХСК 58 мгО/дм³ .

Друге вимірювання: - усереднена проба 1 - 99 мгО/дм³; - усереднена проба 2 має ХСК 123 мгО/дм³ .

Усі виміряні концентрації ХСК значно перевищують встановлену ГДК - 30 мгО/дм³, для обох видів водокористування. Це свідчить про сильне органічне забруднення води.

Визначення вмісту фосфатів (Рис.2.13) проходило згідно з ДСТУ ISO 6878:2008, [34] котрий встановлює спектрометричний метод для визначення різних форм та сполук фосфору (ортофосфату, фосфату, що гідролізується та загального фосфору) у різних типах вод, як у розчинному, так і в нерозчинном стані. [46].



Рис.2.13. Визначення вмісту фосфатів

Аналіз концентрації фосфатів у воді показує, що перша проба (2,5 мг/дм³) і друга проба (1,8 мг/дм³), знаходяться нижче ГДК для господарсько-побутових вод, однак, значення проби 1 виходить за межі норми стосовно рибогосподарських вод (ГДК -2,14 мг/дм³). У осінній період проба 1 (2,4 мг/дм³) так само має перевищення ГДК для рибогосподарських вод, проба 2 становить - 2,0 мг/дм³.

Визначення концентрації заліза проводила за ДСТУ ISO 6332:2003 , спектрометричним методом [47], і визначила, що влітку концентрація Fe у воді в обох усереднених пробах становила 0,05 мг/дм³, що не перевищує норму ГДК для господарсько-побутових потреб та рибогосподарських. Однак у осінній період спостерігається помітне зростання концентрації заліза та перевищення ГДК для рибогосподарських вод майже у два рази: проба 1 - 0,17 мг/дм³; проба 2 - 0,19 мг/дм³).

Високий вміст заліза часто є природним явищем для ґрунтових вод, але в поверхневих водах його зростання може бути ознакою кислотних стоків, підняття ґрунтових вод або порушенням окисно-відновних процесів.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Результати дослідження та оцінка якості стану води річки Случ

Влітку з 13 по 14 липня, нами була проведена перша частина дослідження, яка мала на меті визначити стан якості поверхневих вод за відсутності впливу зі сторони ТОВ «Старокостянтинівцукор», адже підприємство є сезонним і влітку не працює.

Дослідження розпочалося з відбору усереднених проб води у двох точках відбору, які були попередньо визначені, та їх аналіз у фізико-хімічній лабораторії. Результати першої частини літнього дослідження, а саме вимірювання показників якості води влітку, наведені в таблиці.3.1.

Таблиця 3.1

Показники якості проби води річки Случ відібраної до запуску заводу

Показник	Метод	ГДК для господарсько - побутових вод	ГДК для рибогосподарських вод	Усереднена проба 1(14.07)	Усереднена проба 1(14.07)
Каламутність, НОК	Портативний мутномір 2100Q	–	–	111	86,2
pH	pH-метр	6,5-8,5	6,5-8,5	8,65	9,20
Хлориди, мг/дм ³	МВВ №081/12-0653-09	350	300	0,63	0,68
Сульфати, мг/дм ³	ГОСТ 4389-72	500	100	0,736	0,737
Амоній, мг/дм ³	МВВ №081/12-0106-03	2	0,5-1,0	0,193	0,151
Нітрати, мг/дм ³	МВВ №081/12-0651-09	45	40	0,059	0,046
Нітрити, мг/дм ³	КНД 211.1.4.023-95	3,3	0,08	0,108	0,045
ХСК мгО/дм ³	ДСТУ ISO 6060:2003.	30	30	106	58
Фосфати, мг/дм ³	ДСТУ ISO 6878:2008.	3,5	2,14	2,5	1,8
Залізо загальне, мг/дм ³	ДСТУ ISO 6332:2003	0,3	0,1	0,05	0,05

Виміряні показники каламутності (проба 1 – 111, проба 2 - 86,2) є надзвичайно високими. Хоча ГДК для даного показника не зазначено, такі високі результати свідчать про значну кількість завислих речовин у воді, таких

як глина, ґрунт, органічні частинки. В результаті пригнічується фотосинтез, що негативно впливає на водні екосистеми.

Показники рН у першій- 8,65 та другій – 9,20 пробах, перевищують ГДК як для рибогосподарських, та і для господарсько-побутових вод. Такі значення вказують на лужне середовище, що може бути токсичним для багатьох організмів і свідчить про органічне та неорганічне забруднення, брак аерації, через що, вуглекислий газ не може вивітрюватися і сприяє підвищенню лужності.

Концентрації хлоридів (проба 1- 0,63 мг/дм³, проба 2- 0,68 мг/дм³) та сульфатів (проба 1- 0,736 мг/дм³, проба 2- 0,737 мг/дм³), є дуже низькими порівняно з ГДК(300-350 мг/дм³, та 100 - 500 мг/дм³), що свідчить про низьку мінералізацію води.

Нітрати знаходяться в незначних кількостях в обох усереднених пробах. Пробі 1-0,059 мг/дм³; проба 2- 0,046 мг/дм³.

Концентрація нітритів в усередненій пробі 1 становить 0,108 мг/дм³. Що перевищує ГДК для рибогосподарських вод, яке становить 0,08 мг/дм³. Нітрити є токсичними сполуками і вказують на процеси неповного окислення азоту, внаслідок розкладання органічних сполук.

Хімічне споживання кисню, його високий вміст (106 мгО/дм³ у пробі 1, та 58 мгО/дм³) значно перевищують ГДК у 30 мгО/дм³. Такі показники вказують на органічне забруднення.

Вміст амонію (проба 1- 0,151 мг/дм³, проба 2- 0,193 мг/дм³) та нітратів (проба 1- 0,046 мг/дм³, проба 2- 0,059 мг/дм³) – в межах норми.

Визначення вмісту фосфатів показало, що проба 1, перевищує ГДК для рибогосподарських водойм (2,4 мг/дм³) і становить -2,5 мг/дм³.

Залізо теж має надзвичайно малі концентрації 0,05 мг/дм³ і ніяким чином не шкодить водоймі.

Екологічна ситуація водойми під час літнього періоду була несприятлива, через значне органічне забруднення та порушення фізико-

хімічних параметрів. Вода є непридатна для рибогосподарських цілей і вимагає очищення для господарсько-побутового використання.

Результати другої частини дослідження, яке проводилося у 13-14 числа вересня, за безпосередньої роботи заводу, наведені в таблиці.3.2.

Таблиця 3.2

Показники якості проби води річки Случ відібраної під час роботи заводу

Показники	Метод	ГДК для господарсько-побутових вод	ГДК для рибогосподарських вод	Усереднена проба 1(14.09)	Усереднена проба 2 (14.09)
Каламутність, НОК	Портативний мутномір 2100Q	-	-	96	82,5
pH	pH-метр	6,5-8,5	6,5-8,5	9,01	9,42
Хлориди, мг/дм ³	МВВ №081/12-0653-09	350	300	0,77	0,84
Сульфати, мг/дм ³	ГОСТ 4389-72	500	100	0,750	0,761
Амоній, мг/дм ³	МВВ №081/12-0106-03	2	0,5-1,0	0,588	0,611
Нітрати, мг/дм ³	МВВ №081/12-0651-09	45	40	0,70	0,80
Нітриди, мг/дм ³	КНД 211.1.4.023-95	3,3	0,08	0,120	0,069
ХСК мгО/дм ³	ДСТУ ISO 6060:2003.	30	30	99	123
Фосфати, мг/дм ³	ДСТУ ISO 6878:2008.	3,5	2,14	2,4	2,0
Залізо загальне, мг/дм ³	ДСТУ ISO 6332:2003	0,3	0,1	0,17	0,19

Аналіз виявив значні перевищення по кількох ключових показниках, що свідчить про навантаження на річкову екосистему загрозою кисневого голодування.

Показник каламутності залишається на дуже високому рівні у обох пробах (проба 1- 96 НОК; проба 2- 82.5 НОК)

У обох зразках фіксується висока лужна реакція проба 1- 9,01; проба 2- 9,42. Таке відхилення від ГДК (6,5-8,5), створює стресові умови, для більшості видів, і може підсилювати токсичну дію інших сполук, зокрема амонію.

Хлориди (проба 1- 0,77 мг/дм³, проба 2 - 0,84 мг/дм³) і сульфати (проба 1- 0,750, проба 2- 0,761) знаходяться в нормі. Завод суттєво не вплинув на мінералізацію води.

Стрімке збільшення вмісту амонію вказує на активне надходження стічних азотистих забруднень, які в поєднанні з рН, підвищують ризик утворення токсичного амонію.

Нітрати мають низькі концентрації . Усереднена проба 1-0,70 мг/дм³, усереднена проба 2 -0,80 мг/дм³.

Нітриди у першій та другій пробі (0,120 мг/дм³; 0,069 мг/дм³) перевищують норми для рибогосподарських вод (0,08 мг/дм³). Такий результат може бути індикатором свіжого забруднення у вигляді азотовмісних стоків та проруху процесів самоочищення річки.

ХСК- перевищує ГДК у майже 4 рази: проба 1- 99 мгО\дм³, проба 2 - 123 мгО/дм. Високий показник хімічного споживання кисню призводить виснаження запасів кисню у воді, та створює кисневе голодування для водних організмів.

Показник фосфатів у двох усереднених пробах перевищує (проба 1- 2,4 мг/дм³, 2,0 мг/дм³) ГДК для рибогосподарських вод, проте для господарсько- побутових- залишається в нормі.

Вміст заліза 0,17 мг/дм³ у першій пробі, та 0,19 мг/дм³ – у другій майже удвічі перевищує ГДК (01 мг/дм³) для рибогосподарських вод.



Рис.3.1. Результати аналізів хімічного споживання кисню.

Згідно отриманих результатів другого вимірювання, восени якість води річки Случ можна охарактеризувати як незадовільну, через перевищення гранично допустимих концентрацій за такими параметрами якості води як: хімічне споживання кисню (ХСК) (Рис 3.1), що перевищує ГДК (30 мгО/дм³) в 3-4 рази; підвищена лужність, що також виходить за межі нормативного діапазону; перевищення ГДК для рибогосподарських вод за вмістом нітритів, фосфатів та заліза.

3.2. Рекомендації щодо покращення екологічного стану

На основі проведеного аналізу, який виявив критичне органічне забруднення, підвищену лужність та значні концентрації фосфатів і сполук азоту у воді річки Случ, необхідний комплексний підхід до її відновлення.

Першочергова увага має бути приділена головному джерелу впливу – ТОВ «Старокостянтинівцукор», а також системним заходам з управління водними ресурсами.

Головною рекомендацією є впровадження сучасної системи очищення стічних вод на ТОВ «Старокостянтинівцукор». Оскільки ключові показники, такі як ХСК, рН та фосфати критично перевищують встановлені державні норми стосовно якості поверхневих вод, то можна зробити висновок, що

існуючі на підприємстві очисні споруди є мало ефективними, або недостатньо потужними. В такому випадку підприємству слід запровадити третинну, або додаткову стадію очищення, спрямовану на видалення біогенних елементів, фосфатів і нітратів та переглянути справність та ефективність існуючих очисних споруд.. Третинна стадія очистки застосовується після механічної (первинної) та біологічної (вторинної) очистки з метою досягнення максимально високої якості води перед її скиданням у водойми, або повторним використанням.

Усунення вмісту азоту та фосфору, основних причин евтрофікації, можна здійснити шляхом хімічного осадження для фосфору та біологічної нітрифікації для азоту. Такі дії дозволять знизити концентрацію цих речовин до рівня, що відповідає ГДК і зробить воду придатною для подальшого можливого використання в господарсько-побутових та рибогосподарських цілях. Для усунення найдрібніших нерозчинних частинок, що залишилися, використовують фільтрування через піщані фільтри, мікрофільтрацію.

Проведення незалежного автоматизованого моніторингу . Встановлення цілодобових автоматизованих станцій моніторингу якості води безпосередньо на випуску очисних споруд підприємства. Обов'язковою умовою такого моніторингу є вільний доступ до даних в реальному часі.

Проведення позапланових перевірок виробничих потужностей та очисних споруд незалежними екологічними аудиторами, особливо в сезон активної роботи підприємства, коли йде максимальне навантаження на рчисні споруди.

Для забезпечення дотримання природоохоронних норм необхідне посилення контролю за дотриманням вимог екологічного законодавства України, зокрема Водного кодексу України, Закону «Про охорону навколишнього середовища» з боку органів місцевої влади.

Реалізація зазначених рекомендацій сприятиме зменшенню антропогенного навантаження на водну екосистему річки Случ, покращенні якості води, збереженню біорізноманіття та природного середовища регіону.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі наводяться результати досліджень якості води річки Случ за впливу ТОВ Старокостянтинівцукор».

Результати літнього відбору проб (до запуску заводу) показали, що навіть за відсутності сезонного впливу підприємства річка Случ перебувала у несприятливому екологічному стані. У пробах зафіксовано надзвичайно високу каламутність (86,2–111 НОК), що свідчить про велику кількість завислих речовин та створює умови для пригнічення фотосинтезу, підвищені значення рН (8,65–9,20), які перевищують допустимі норми для господарсько-побутових і рибогосподарських вод та вказують на формування лужного середовища, високе ХСК (58–106 мгО/дм³), що у 2–3 рази перевищує нормативи та свідчить про значне органічне забруднення;

Результати осіннього дослідження (під час роботи заводу) засвідчили істотне погіршення якості води річки Случ у порівнянні з літнім періодом. Зафіксовано збереження високої каламутності (82,5–96 НОК), підвищену лужність (рН 9,01–9,42), що суттєво виходить за нормативні межі, значне збільшення концентрації амонію (0,588–0,611 мг/дм³), що свідчить про надходження азотовмісних стоків, перевищення ГДК за нітритами, що вказує на активний розклад органічних речовин та погіршення процесів самоочищення, надзвичайно високі значення ХСК (99–123 мгО/дм³), що у 3–4 рази перевищують нормативи та створюють ризик кисневого дефіциту у водній екосистемі;

Таким чином, у період роботи ТОВ «Старокостянтинівцукор» спостерігається суттєве додаткове антропогенне навантаження, яке проявляється у збільшенні концентрацій азотовмісних сполук, фосфатів, заліза та значному зростанні органічного забруднення.

Порівняльний аналіз двох періодів дослідження доводить, що саме викиди підприємства виступають визначальним фактором погіршення якості води, посилюючи порушення природного балансу та знижуючи здатність річки до самоочищення.

Основними екологічними наслідками впливу на річку Случ є підвищення рівня евтрофікації через надходження фосфатів і сполук азоту, погіршення кисневого режиму через високі значення ХСК, формування лужного середовища, несприятливого для водних організмів, зростання токсичних форм азоту (нітритів та амонію), небезпечних для їх життєдіяльності, ризик загибелі рибних ресурсів та зменшення біорізноманіття.

Загалом якість води річки Случ у досліджувані періоди слід охарактеризувати як незадовільну, з вираженими ознаками органічного та біогенного забруднення, що створює небезпеку для водної екосистеми, рибогосподарського використання та потенційно для господарсько-побутового застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ISO 4225:2008. Якість повітря. Загальні положення. Словник термінів (ISO 4225:1994, IDT).[Чинний від 2011-01-01]. Київ, 2008. 14 с.
2. Айрапетян Т. С. Водопостачання та очистка стічних вод промислових підприємств : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології / Т. С. Айрапетян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 138 с.
3. Степова О. В., Рома В. В. НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК «Моніторинг поверхневих вод» для студентів спеціальності 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітній ступінь «бакалавр» усіх форм навчання. Полтава: ПолтНТУ. 2017. 82 с.
4. О.І. Любинський, Ю.О. Козьолок. Екологічна оцінка технології виробництва цукру на підприємствах Хмельницької області. вісник кам'янець-подільського національного університету імені Івана Огієнка: Кам'янець-Подільський, 2016.С. 80-88.
5. Головний сайт для агрономів. Визначено ТОП-3 області, де посіють найбільше цукрових буряків у 2024 році. *Superagronom.com*. URL: <https://superagronom.com/news/18899-do-lideriv-po-posivnim-ploscham-tsukrovih-buryakiv-uviyshla-hmelnichchina> (дата звернення: 06.11.2025).
6. Sugar beet cultivation, management and processing / ed. by V. Misra, S. Srivastava, A. K. Mall. Singapore : Springer Nature Singapore, 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0> (date of access: 13.10.2025).
7. Мюр, Барбара Магдалена. «Переробка цукрових буряків на цукри». *Вирощування, управління та переробка цукрових буряків* . Сінгапур: Springer Nature Singapore, 2022. 837-862
8. Хмельницька обласна військова адміністрація. *Хмельницька обласна військова адміністрація*. URL: <https://www.adm-km.gov.ua/> (дата звернення: 06.11.2025).

9. Технологія цукрового виробництва: методичні вказівки до виконання практичних робіт студентами денної та заочної форми навчання факультету технології виробництва та переробки продукції тваринництва галузі знань 18 «Виробництво та технології», спеціальності 181 «Харчові технології» першого (бакалаврського) освітнього рівня / В.Д. Паламарчук: Вінницький національний аграрний університет. Вінниця: ВНАУ. 2022. 72 с.

10. Integrated processing technologies for food and agricultural by-products. Elsevier, 2019. URL: <https://doi.org/10.1016/c2017-0-00901-1> (date of access: 13.10.2025).

11. Синчак В. П, О. В. Мазур. Розвиток підприємств цукрового виробництва в окремих регіонах України. Університетські наукові записки. Хмельницький: Хмельниц. ун-т управ. та права, 2014.С. 388-396.

12. Історичні нариси з розвитку техніки в Україні: колективна І-90 монографія / Гріффен Л. О., Деркач О. П., Держинський В. О. та ін.; за заг. ред. Гріффена Л. О. Київ: Талком, 2023. 440 с.

13. Kostetska N., Lotysh O. Assessment of sugar industry concentration level in Ukraine. *Galician economic journal*. 2024. Vol. 90, no. 5. P. 24–36. URL: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2024.05.024 (date of access: 09.10.2025). <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/47568>

14. Valorization of sugar beet pulp to value-added products: a review / Z. Usmani et al. *Bioresource technology*. 2022. Vol. 346. P. 126580. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126580> (date of access: 13.10.2025).

15. Олабоді О.В. "Цукрова промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід." : Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ. 2018. 92 с.

16. Processing and refining of sugar. *World Sugar Research Organisation*. URL: <https://wsro.org/about-sugar/farm-table/processing-and-refining-sugar> (date of access: 01.10.2025).

17. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропивний, А.В. Кропивна, Л.А. Молокост та ін.; Кропивницький : Видавництво ТОВ «КОД», 2021.196 с.

18. Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А Рубінець.Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248с.

19. Bruijn J. M. Impact of beet quality on sugar manufacture Part 1. General considerations of the technological beet quality. *Sugar industry*. 2020. P. 86–93. URL: <https://doi.org/10.36961/si24060> (date of access: 13.10.2025).

20. Петрова О. І., Крамаренко О. С. Технологія цукрового виробництва : методичні рекомендації для проведення лабораторних занять для здобувачів вищої освіти СВО «бакалавр», освітньої спеціальності 181-«Харчові технології», денної форми навчання / О.О. І. Петрова, О. С. Крамаренко.Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет, 2020. 100 с.

21 .С.П. Олянська Технології харчових виробництв. Технологія цукрового виробництва: курс лекцій для студентів напряму підготовки “Харчові технології та інженерія” денн. та заоч. форм навч. /Київ: НУХТ, 2015. 73 с

22. Цукровий буряк в господарствах агро ЛВ лімітед та західний буг. Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/multimedia/photo/65-agroekspeditsiya-tsukroviy-buryak-2017-agro-lv-limited-ta-zahidniy-bug> (дата звернення: 07.11.2025).

23. Аграрний сайт новин України №1 – agroportal.ua. *AgroPortal.ua*. URL: <https://agroportal.ua/> (дата звернення: 08.10.2025).

24. Sugar production waste and their rational use / A. Bezpala et al. *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: new solutions in modern technologies*. 2024. No. 3(21). P. 17–24. URL: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.03.03> (date of access: 13.10.2025).

25. Improving the resource efficiency of sugar plant wastewater treatment by using a monitor of chemical consumption of oxygen / A. Rogovyk et al. *Scientific works of national university of food technologies*. 2021. Vol. 27, no. 4. URL: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-4-3> (date of access: 22.10.2025).

26. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text> (дата звернення: 20.10.2025)

27. Водний кодекс України. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text> (дата звернення: 20.10.2025).

28. Про охорону навколишнього природного середовища. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 20.10.2025).

29. Про оцінку впливу на довкілля. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 08.10.2025).

30. Про водовідведення та очищення стічних вод. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2887-20#Text> (дата звернення: 20.10.2025).

31. Розділ viii. екологічний податок. tax.gov.ua. URL: <https://tax.gov.ua/nk/rozdil-viii--ekologichniy-poda/> (дата звернення: 20.10.2025).

32. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (дата звернення: 22.10.2025)

33. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/Hmelnytska-obl_2021.pdf (дата звернення: 08.10..2025).

34. Джурин М. В., Тимошенко Б. В. Екологічна ситуація річки Случ. Екологічна безпека держави: тези доповідей Другого всеукраїнського круглого столу, 15 грудня 2021 р. Київ: ІТТА, 2021. С. 194-198

35. Синицька, Г. О. Гідрологічні особливості річки Случ та її басейну матеріали ІХ Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених. Житомир: Житомирська політехніка, 2024 р. С.228

36. Джурин М. В., Тимошенко Б. В. Екологічна ситуація річки Случ. Екологічна безпека держави: тези доповідей Другого всеукраїнського круглого столу, м. Київ, 15 грудня 2021 року. Київ: ІТТА, 2021. С. 194-198

37. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/08/Oblik-informatsiyi-lupen-2024.xlsx> (дата звернення: 11.10.2025).

38. 36397241 – тов старокостянтинівцукор. *Опендатабот – відкриті дані про компанії, ФОП, суди та нерухомість України*. URL: <https://opendatabot.ua/c/36397241> (дата звернення: 22.10.2025).

39. Структура | старокостянтинівцукор. *Старокостянтинівцукор | Офіційний сайт ТОВ «Старокостянтинівцукор»*. URL: <https://starsugar.com.ua/stuktura/> (дата звернення: 22.10.2025).

40. Старокостянтинівцукор. *Latifundist.com*. URL: https://latifundist.com/kompanii/602-starokonstantinvtsukor?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 10.10.2025).

41. МВВ № 081/12-0653-09 Води зворотні, поверхневі, підземні. Методика виконання вимірювань масової концентрації хлоридів титриметричним методом. UR : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76575 (дата звернення: 28.07.2025).

42. МВВ № 081/12-0106-03. Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Неслера. Зі зміною № 1. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*.

URL:https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=76427

(дата звернення: 23.10.2025).

43. МВВ № 081/12-0651-09 Води зворотні, поверхневі, підземні. Методика виконання вимірювань масової концентрації нітрат-іонів фотоколориметричним методом. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України.* URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76573 (дата звернення: 23.10.2025).

44. КНД 211.1.4.023-95. Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Гріса в поверхневих та очищених стічних водах. На заміну РД 118.02.14-88 ; чинний від 25.04.95. Вид. офіц.

45. ДСТУ ISO 6060:2003. Якість води. Визначання хімічної потреби в кисні [Чинний від 2007-07-01.] . Київ, 2007. 24с.

46. ДСТУ ISO 6878:2008.Якість води. Визначення фосфору. Спектрометричний метод із застосуванням амонію молібдату.[Чинний від 01.01.10.] Київ, 2008. 24 с.

47. ДСТУ ISO 6332:2003. Якість води. Визначення заліза. Спектрометричний метод із використанням 1,10-фенантроліну. [Чинний від 2004-07-01]. Київ, 2004 .11 с.

Додаток А

**Норми якості поверхневих вод та ефективність очищення
зворотних вод**

Показники	Норми якості і ГДК речовин для поверхневих водних об'єктів та морів, мг/дм ³			Ефективність очищення зворотних вод, мг/дм ³ і %				
	господарськ о- побутові	рибогоспода рські	моря	скид до каналіза ції / на БОС	ефект очище ння, %	показники після очищення		
						аероте нки	з біостав ками	біофіл ьтри
Завислі речовини	фон + 0,75	25	фон	300/300	95	15	10	15 - 20
БСК ₅ БСК _n	6	3	3	350/ 350	95	15	6 - 8 8 - 10	15 - 20
ХСК	30	50	-	500/500	90 - 95	80	40 - 60	80 - 100
Азот амонійний	2	0,5 - 1,0	0,5	50/30	40 - 60	6 - 8	3 - 4	8 - 10
Нітриди	3,3	0,08	0,08	3,3/3,3	-	0,65 - 1,0	0,65	-
Нітрати	45	40	40	45/45	-	45	-	-
Фосфати	3,5	2,14	2,14	5/10	-	7	3,5	-
Нафто-продукти	0,3	0,05	0,05	10/10	85	0,3 - 0,5	0,3	-
СПАР	0,5	0,1	-	10/20	80	0,3 - 0,5	-	-
Залізо	0,3	0,1/фон	0,05	3/2,5	50	-	-	-
Хлориди	350	300	11900	350/350	-	-	-	-
Сульфати	500	100/фон	3500	400/500	-	-	-	-

Участь у науково-практичних конференціях

Остатюк У.В., Павлюк С.Д.

**ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ЦУКРОВОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ В УКРАЇНІ:
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ**

https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u461/programa_konferenciyi_2025-19.05.pdf

Суценько І.Г., Дідур О.О., Кабар А.М.

**ФІТОСАНІТАРНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХВОЙНИХ НАСАДЖЕНЬ У
МІСТІ ДНІПРО.....** 84

Шило М.О., Баиша О.В., Горган Т.М.

МІКОБІОМ РОСЛИНИ *MENTHA PIPERITA* У ПЕРІОД ЦВІТІННЯ..... 87

Яворська У.В., Павлюк С.Д.

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ ЗА
ВІДСУТНОСТІ ПОТЕНЦІЙНОГО ВПЛИВУ ТОВ
«СТАРОКОСТЯНТИНІВ ЦУКОР».....** 89

УДК 628.166:504.4:612.392.3

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ ЗА
ВІДСУТНОСТІ ПОТЕНЦІЙНОГО ВПЛИВУ ТОВ «СТАРОКОСТЯНТИНІВ
ЦУКОР»**